



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN
GREYWATER DI KECAMATAN RUNGKUT
KOTA SURABAYA**

BIAS AGATHA PERMATA SISWANTO
3312100010

DOSEN PEMBIMBING
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RE 141581

DESIGN OF GREYWATER TREATMENT PLANT IN KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA

BIAS AGATHA PERMATA SISWANTO
3312100010

SUPERVISOR
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN GREYWATER DI KECAMATAN RUNGKUT KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

BIAS AGATHA PERMATA SISWANTO

NRP 3312 100 010

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD.

NIP. 1971111142003122001



PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN GREYWATER DI KECAMATAN RUNGKUT KOTA SURABAYA

Nama Mahasiswa : Bias Agatha Permata Siswanto
NRP : 3312100010
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., PhD.

ABSTRAK

Kecamatan Rungkut merupakan daerah yang mengalami perkembangan cukup pesat akibat berkembangnya sektor ekonomi. Perkembangan tersebut berimbas pada peningkatan jumlah penduduk yang berbanding lurus dengan peningkatan produksi air limbah domestik. Komposisi air limbah domestik sebesar 50-80% merupakan *greywater*. Sebagian besar masyarakat masih menyalurkan limbah *greywater* ke selokan yang berakibat pada pengendapan *sludge* sehingga mengurangi volume saluran serta pencemaran badan air ditandai dengan terjadinya peristiwa eutrofikasi. Oleh sebab itu diperlukan perencanaan instalasi pengolahan *greywater* di Kecamatan Rungkut.

Pengolahan *greywater* yang direncanakan adalah unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Penentuan teknologi berdasarkan matriks perbandingan alternatif pengolahan dengan mempertimbangkan kemudahan dalam operasional dan perawatan, aspek finansial serta ketersediaan lahan. Wilayah terlayani pada 3 kelurahan dengan penduduk terpadat yaitu Kelurahan Kedung Baruk, Penjaringan Sari, dan Rungkut Kidul.

Berdasarkan hasil perhitungan, instalasi pengolahan *greywater* yang direncanakan berdimensi $p \times l \times t$ sebesar 12,4 m x 2,3 m x 2,6 m. Biaya minimal yang dibutuhkan untuk membangun unit ABR adalah Rp. 142.000.000,- dan maksimal sebesar Rp. 149.000.000,- untuk tipikal pelayanan 100 KK. Biaya pembangunan tersebut dipengaruhi oleh lokasi peletakan yaitu di jalan atau lahan kosong.

Kata kunci : air limbah, *anaerobic baffled reactor*, *greywater*, Kecamatan Rungkut

DESIGN OF GREYWATER TREATMENT PLANT IN KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA

Name of Student : Bias Agatha Permata Siswanto
NRP : 3312100010
Study Programme : Teknik Lingkungan FTSP ITS
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti S.T., M.T., PhD.

ABSTRACT

Kecamatan Rungkut is an area that rapidly developed due to development of economic sectors. The development on increasing population impact were directly proportional with an increase in waste water production. Domestic waste water is composed by 50 – 80% greywater. Greywater are still discharged into the sewer by most people which result in sludge deposition, thereby reducing the volume of the channel as well as pollute the surface water that characterized by the occurrence events such as eutrophication. Therefore, design of greywater treatment plant in Kecamatan Rungkut is necessary.

Greywater treatment unit is Anaerobic Baffled Reactor (ABR). The chosen alternative technologies based on comparison process by considering the ease of operation and maintenance, financial aspects as well as the availability of land. Three areas with dense population will be served which are Kedung Baruk, Penjaringan Sari, and Rungkut Kidul.

According to calculation, the design of greywater treatment plant dimensions is 12,4 m x 2,3 m x 2,6 m (length x width x depth). Minimum costs needed in construct the ABR unit is Rp 142.000.000,- and maximum costs needed is Rp 149.000.000,- for the typical service of 100 households. The construction costs are influenced by the proposed location which is street or public land.

Keyword(s): anaerobic baffled reactor, domestic wastewater, greywater, Kecamatan Rungkut

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Atas segala nikmat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Instalasi Pengolahan *Greywater* di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya” ini dengan baik.

Selama pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis telah menerima banyak bantuan, saran dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD., selaku dosen pembimbing atas pengarahan dan bimbingannya selama pelaksanaan tugas akhir ini.
2. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoediharjo, MScEs., Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD., serta Dr. Ali Masduqi, ST., MT. selaku dosen penguji atas saran dan masukannya.
3. Seluruh pihak Kecamatan Rungkut serta Kelurahan Penjaringan Sari, Kedung Baruk dan Rungkut Kidul atas segala bantuan dan kemudahan dalam pengambilan data.
4. Bapak Satyoko, Bapak Taufik, dan Ibu Jidan atas kesediaannya untuk memperbolehkan pengambilan sampel limbah cair.
5. Orang tua, kakak, dan adik yang selalu memberikan doa, motivasi dan semangat dalam proses pengerjaan tugas akhir.
6. Haristia, Ragil, Hutomo, dan teman-teman Teknik Lingkungan 2012 lainnya yang saling memberi dukungan dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, sangat diharapkan komentar, kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan kedepannya. Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca

Surabaya, Juli 2016
Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| ABSTRAK..... | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan..... | 3 |
| 1.4 Ruang Lingkup..... | 3 |
| 1.5 Manfaat..... | 3 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Air Limbah..... | 5 |
| 2.1.1 Definisi Air Limbah..... | 5 |
| 2.1.2 Sumber Air Limbah | 5 |
| 2.1.3 Karakteristik Air Limbah | 6 |
| 2.1.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik..... | 8 |
| 2.2 Debit Air Limbah | 9 |
| 2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah | 9 |
| 2.3.1 Sistem Setempat (<i>On-Site Sistem</i>) | 10 |
| 2.3.2 Sistem Terpusat (<i>Off-Site Sistem</i>) | 10 |
| 2.4 Jenis Pengolahan Air Limbah | 11 |
| 2.5 Teknologi Pengolahan yang Tersedia | 12 |
| 2.6 Metode Pengumpulan Data | 18 |
| 2.6.1 Metode Sampling..... | 18 |
| 2.6.2 Metode Wawancara..... | 19 |
| BAB 3 GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN | 21 |
| 3.1 Batas Wilayah dan Administrasi | 21 |
| 3.2 Kependudukan (Demografi)..... | 21 |
| 3.3 Kondisi Sanitasi di Kecamatan Rungkut | 25 |
| BAB 4 METODE PERENCANAAN..... | 29 |
| 4.1 Kerangka Perencanaan | 29 |
| 4.2 Tahapan Perencanaan | 31 |
| 4.3 Analisa Data dan Pembahasan | 34 |
| 4.4 Kesimpulan dan Saran | 35 |
| BAB 5 HASIL PERENCANAAN..... | 37 |

| | |
|---|-----------|
| 5.1 Wilayah Perencanaan..... | 37 |
| 5.2 Proyeksi Penduduk..... | 37 |
| 5.3 Analisa Hasil Kuisioner dan Wawancara | 41 |
| 5.4 Analisa Hasil Laboratorium | 42 |
| 5.5 Perbandingan Alternatif Pengolahan Air Limbah | 43 |
| 5.6 Perhitungan Instalasi Pengolahan Air Limbah | 46 |
| 5.5.1 Perhitungan Unit ABR..... | 46 |
| 5.5.2 Perhitungan Volume Lumpur ABR..... | 57 |
| 5.5.3 Perhitungan Inlet dan Outlet Pipa | 61 |
| 5.5.4 Profil Hidrolis dan Headloss Pipa..... | 62 |
| 5.7 Perhitungan Mass Balance | 64 |
| 5.8 Peletakan IPAL | 67 |
| BAB 6 <i>BILL OF QUANTITY</i> DAN RANCANGAN ANGGARAN | |
| BIAYA | 71 |
| 6.1 Analisa Harga Satuan Pembangunan IPAL | 71 |
| 6.2 BOQ dan RAB Anaerobic Baffled Reactor | 79 |
| BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN | 85 |
| 7.1 Kesimpulan | 85 |
| 7.2 Saran | 85 |
| DAFTAR PUSTAKA | 87 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 2.1 | Baku Mutu Air Limbah Domestik | 8 |
| Tabel 3.1 | Luas Wilayah dan Jumlah Penduduk Kecamatan Rungkut..... | 25 |
| Tabel 4.1 | Penentuan Jumlah Sampel | 34 |
| Tabel 5.1 | Jumlah Penduduk Kelurahan Terlayani | 38 |
| Tabel 5.2 | Analisa Metode Logaritmik | 40 |
| Tabel 5.3 | Hasil Proyeksi Penduduk Kelurahan Terlayani | 41 |
| Tabel 5.4 | Kualitas Air Limbah Greywater di Kecamatan Rungkut..... | 43 |
| Tabel 5.5 | Matriks Perbandingan Teknologi Pengolah Air Limbah | 44 |
| Tabel 5.6 | Perhitungan Unit Pengolahan ABR | 51 |
| Tabel 5.7 | Tinggi Lumpur per Kompartemen..... | 60 |
| Tabel 5.8 | Wilayah RW Terlayani IPAL di Kelurahan Kedung Baru | 67 |
| Tabel 5.9 | Wilayah RW Terlayani IPAL di Kelurahan Penjaringan Sari..... | 68 |
| Tabel 5.10 | Wilayah RW Terlayani IPAL di Kelurahan Rungkut Kidul..... | 68 |
| Tabel 5.11 | Jumlah KK dan Kebutuhan IPAL per RW | 70 |
| Tabel 6.1 | Pembersihan Lapangan “Ringan” dan Perataan/m ² | 71 |
| Tabel 6.2 | Pembongkaran Paving Tidak Dipakai Kembali/m ² | 72 |
| Tabel 6.3 | Pembuatan Bouwplank/m | 72 |
| Tabel 6.4 | Penggalian Tanah Biasa/m ³ | 72 |
| Tabel 6.5 | Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian dalamnya lebih dari 1 m/m ³ | 73 |
| Tabel 6.6 | Pekerjaan Plat Lantai Beton (1Pc:2Ps:3Kr)/m ³ | 73 |
| Tabel 6.7 | Pekerjaan Kolom Beton Bertulang/m ³ | 73 |
| Tabel 6.8 | Pekerjaan Plat Lantai Beton (1Pc:2Ps:3Kr)/m ³ | 74 |
| Tabel 6.9 | Pekerjaan Balok Beton Bertulang/m ³ | 75 |
| Tabel 6.10 | Pekerjaan Dinding Beton Bertulang/m ³ | 75 |
| Tabel 6.11 | Pekerjaan Plat Tutup Beton/m ³ | 76 |
| Tabel 6.12 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 3”/m..... | 77 |
| Tabel 6.13 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4”/m..... | 77 |
| Tabel 6.14 | Pekerjaan Galian Perkerasan Jalan (Aspal)/m ² | 78 |

| | | |
|------------|---|----|
| Tabel 6.15 | Pelapisan Waterproofing/m ² | 78 |
| Tabel 6.16 | Pengurugan Tanah Kembali/m ³ | 78 |
| Tabel 6.17 | Pembersihan Lapangan “Berat” dan Perataan/m ² | 79 |
| Tabel 6.18 | Aksesoris Pipa | 79 |
| Tabel 6.19 | Perhitungan BOQ dan RAB IPAL (Jalan Berpaving) | 81 |
| Tabel 6.20 | Perhitungan BOQ dan RAB IPAL (Lahan Kosong)..... | 82 |
| Tabel 6.21 | Perhitungan BOQ dan RAB IPAL (Jalan Aspal) | 83 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1 | <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> | 14 |
| Gambar 2.2 | <i>Anaerobic Filter</i> | 16 |
| Gambar 2.3 | <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor</i> | 17 |
| Gambar 2.4 | Kolam Aerasi | 18 |
| Gambar 3.1 | Peta Administrasi Kecamatan Rungkut Kota Surabaya | 23 |
| Gambar 3.2 | Pipa Greywater diarahkan langsung ke Saluran Drainase | 26 |
| Gambar 3.3 | Air Menggenang pada Saluran Drainase | 26 |
| Gambar 3.4 | Sedimen yang Mengapung pada Permukaan Saluran | 27 |
| Gambar 3.5 | Saluran Drainase “ <i>overload</i> ” Ketika Hujan | 27 |
| Gambar 3.6 | Terjadinya Peristiwa Eutrofikasi | 27 |
| Gambar 4.1 | Kerangka Perencanaan | 31 |
| Gambar 5.1 | Removal COD pada Tangki Pengendap | 47 |
| Gambar 5.2 | Rasio Efisiensi Removal BOD terhadap Efisiensi Removal COD | 48 |
| Gambar 5.3 | Presentase Removal TSS dan BOD | 49 |
| Gambar 5.4 | Faktor OLR <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> | 53 |
| Gambar 5.5 | Faktor Karakteristik Air Limbah ABR | 54 |
| Gambar 5.6 | Faktor Suhu <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> | 54 |
| Gambar 5.7 | Faktor HRT | 55 |
| Gambar 5.8 | Rasio COD/BOD | 56 |
| Gambar 5.9 | Reduksi Volume Lumpur selama Masa Penyimpanan | 58 |
| Gambar 5.10 | Pipa Kompartemen | 64 |
| Gambar 5.11 | Mass Balance di ABR | 66 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia dengan kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Peningkatan jumlah penduduk sebesar 3% per tahunnya berbanding lurus dengan penurunan kualitas lingkungan (SLHD Surabaya, 2013). Pencemaran air merupakan salah satu isu lingkungan hidup utama di Kota Surabaya. Air limbah domestik memberikan kontribusi pencemaran sebesar 60% pada badan air (Suswati dan Wibisono, 2013). Kondisi tersebut menyatakan belum optimalnya pelaksanaan sanitasi khususnya sektor air limbah di Kota Surabaya. Kecamatan Rungkut merupakan daerah yang mengalami perkembangan cukup pesat akibat dari berkembangnya sektor ekonomi. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Surabaya tahun 2015, Kecamatan Rungkut berada pada Unit Pengembangan I yang fungsi kegiatannya diarahkan untuk kegiatan permukiman, pendidikan, konservasi dan industri. Pengembangan fungsi kegiatan ini berakibat pada banyaknya pendatang dari berbagai daerah baik dari dalam maupun luar Surabaya (Vidianti, 2011). Banyaknya pendatang akan berpengaruh terhadap pertambahan jumlah buangan air limbah oleh aktifitas rumah tangga, menjadikan salah satu sumber utama akumulasi pencemar di badan air (Mende dkk., 2015). Kecamatan Rungkut sendiri belum memiliki sistem pengolahan air limbah yang terpadu.

Sistem pengolahan limbah yang biasa dilakukan oleh masyarakat yakni mengolah *blackwater* dalam tangki septik dan diresapkan ke dalam tanah atau dibuang ke saluran umum. Sedangkan, *greywater* langsung dialirkan ke saluran drainase (Zubair dkk., 2015). Praktik buang air besar sembarangan di Kecamatan Rungkut memiliki prosentase kurang dari 2%, menunjukkan bahwa mayoritas penduduk telah memiliki tangki septik untuk mengolah *blackwater* namun tidak untuk *greywater*. Komposisi air limbah domestik sebesar 50-80% merupakan *greywater* (Ukpong dan Agunwamba, 2012). *Greywater* yang dibuang secara terus menerus ke dalam saluran drainase dapat

menimbulkan masalah bagi badan air karena zat organik yang terkandung dapat terdegradasi oleh mikroorganisme, menghasilkan lumpur dan gas. Akumulasi lumpur di dalam drainase menyebabkan pendangkalan dan berkurangnya volume saluran sehingga melebihi kapasitas apabila terjadi hujan (Santoso, 2015). Saluran drainase di Kecamatan Rungkut masih banyak yang mengalami “*overload*” pada saat musim hujan tiba. Penyaluran *greywater* menuju drainase ini bertolak belakang dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 12 Tahun 2014 yang menganut sistem terpisah antara jaringan drainase dengan pengumpul air limbah. Pembuangan air limbah tanpa melalui proses pengolahan akan berakibat terhadap pencemaran lingkungan terutama pada sumber air baku, baik air tanah maupun air permukaan.

Berdasarkan penelitian oleh Destrivadiyani (2010) air limbah domestik memiliki karakteristik nilai TSS, COD, dan BOD masing-masing sebesar 515,10 mg/L, 215,70 mg/L, dan 102,82 mg/L. Ketiga nilai parameter tersebut telah melampaui baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Hal ini bertentangan dengan Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 mengenai Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan yang menyatakan bahwa setiap jenis air limbah yang dibuang ke media lingkungan hidup harus memenuhi baku mutu yang berlaku. Saat ini, banyak orang berpikir untuk menggunakan kembali air limbah dengan tujuan mengurangi konsumsi air bersih dan menjaga kelestarian lingkungan (Pratiwi dan Soedjono, 2015). Pengelolaan *greywater* yang tepat dapat memberikan manfaat sebagai sumber air untuk keperluan perkebunan, pertanian, atau penggelontoran toilet (Widianti dan Handajani, 2010). Potensi tersebut dapat diwujudkan dengan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) khusus *greywater* di Kecamatan Rungkut. Teknologi pengolahan dapat dipilih sesuai dengan aspek teknis, lingkungan, kebutuhan serta keinginan dari masyarakat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi dasar dalam tugas akhir ini adalah :

1. Instalasi pengolahan *greywater* yang dapat diterapkan di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya.
2. Besarnya biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan Instalasi pengolahan *greywater* di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Merencanakan Instalasi pengolahan *greywater* di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya.
2. Menghitung biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan Instalasi pengolahan *greywater* di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari tugas akhir ini adalah:

1. Perencanaan dilakukan di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya khususnya pada Kelurahan Kedung Baru, Kelurahan Penjaringan Sari dan Kelurahan Rungkut Kidul.
2. Air limbah yang diolah merupakan *greywater* hasil aktifitas rumah tangga Kecamatan Rungkut Kota Surabaya.
3. Parameter yang digunakan meliputi TSS, BOD, COD dan pH.
4. Baku mutu air limbah mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.
5. Aspek yang ditinjau adalah aspek teknis dan finansial.
6. Perencanaan desain IPAL untuk tipikal 100 KK
7. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) disesuaikan dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2015.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah:

1. Menjadi bahan masukan dalam penentuan dan lokasi peletakkan instalasi pengolahan *greywater* di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya.

2. Menjadi bahan pertimbangan kepada *stakeholder* atau instansi terkait baik dari aspek teknologi maupun biaya dalam perencanaan instalasi pengolahan *greywater*.
3. Memberikan rincian hasil perhitungan desain IPAL dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) unit pengolahan terpilih, sebagai acuan perencanaan IPAL secara tipikal di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya.
4. Memberikan rekomendasi kepada masyarakat untuk mengolah limbah *greywater* sehingga dapat menghemat konsumsi air bersih.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

2.1.1 Definisi Air Limbah

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan dapat menurunkan kualitas lingkungan, menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Air limbah perkotaan adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh kegiatan yang meliputi limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah perkantoran dan limbah dari daerah komersial serta limbah industri. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014, air limbah yang sumbernya berasal dari manusia meliputi usaha dan/atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama disebut sebagai air limbah domestik.

2.1.2 Sumber Air Limbah

Air limbah merupakan pencemar yang pada umumnya berasal dari aktifitas manusia dan kemajuan teknologi (Sugiharto, 1987). Sumber-sumber air limbah diantaranya:

a. Air Limbah Domestik (*domestic waste water*)

Air limbah yang berasal dari permukiman baik yang berskala kecil maupun besar dimana untuk permukiman yang berskala kecil, aliran air limbah diperhitungkan dari kepadatan penduduk dan rata-rata perorang dalam membuang air limbahnya. Sedangkan untuk daerah permukiman berskala besar, jumlah air limbah dihitung berdasarkan penggunaan daerah, kepadatan penduduk, serta ada tidaknya industri. Komposisi air limbah domestik terdiri dari *blackwater* (tinja) dan *greywater* (urin, air bekas cucian dapur, dan kamar mandi) dimana sebagian besar merupakan bahan organik.

b. Air Limbah Kotapraja (*municipal waste water*)

Air limbah ini berasal dari daerah perkotaan yang umumnya merupakan kegiatan pada fasilitas umum seperti

perdagangan, perkantoran, pendidikan, tempat ibadah, hotel, restoran, dan lain-lain.

c. Air Limbah Industri (*industrial waste water*)

Air limbah ini merupakan air sisa pemakaian akibat proses dan operasi dari berbagai jenis industri. Pada umumnya, air limbah mengandung karakteristik masing-masing baik zat organik maupun kimia yang lebih sulit dalam pengolahannya serta memiliki parameter lebih banyak.

d. Infiltrasi Air Tanah

Infiltrasi merupakan peresapan sejumlah air yang masuk ke dalam sistem jaringan air limbah melalui sambungan-sambungan pipa atau melalui celah-celah yang terbentuk, akibat keretakan atau rusaknya saluran pipa.

2.1.3 Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah terbagi menjadi tiga golongan yang dapat ditinjau dari masing-masing sifatnya meliputi sifat fisik, kimia dan biologis (WEF, 2007).

1. Sifat Fisik

Sifat fisik merupakan penentuan derajat kekotoran air limbah yang paling mudah terlihat. Adapun sifat fisik yang mempengaruhi adalah:

a. *Total Solid*

Total solid merupakan bahan padat organik yang tertinggal menjadi residu, baik dalam wujud terapung, terlarut, tersuspensi atau mengendap.

b. Temperatur

Air limbah pada umumnya memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa. Hal ini disebabkan oleh proses pembusukan oleh bakteri yang menghasilkan panas. Ketika suhu semakin meningkat, mikroorganisme akan mempercepat konsumsi bahan organik dengan memanfaatkan oksigen di dalam air limbah (Reynolds dan Richards, 1996).

c. Warna

Air limbah memiliki warna yang bergantung pada lama waktu pembuangan dan proses dekomposisi yang terjadi. Air limbah yang masih segar atau berumur

kurang dari 6 jam akan berwarna coklat muda. Ketika air limbah sedang mengalami proses pembusukan atau telah berada dalam sistem pengumpul dalam durasi yang cukup lama akan ditandai dengan perubahan warna menjadi abu-abu muda sampai setengah tua. Air limbah yang sudah membusuk akibat aktifitas bakteri dengan kondisi anaerobik akan berwarna abu-abu tua atau hitam. Perubahan warna hitam ini biasa disebut sebagai keadaan septik (Reynolds dan Richards, 1996).

d. Bau

Bau juga dapat menentukan tingkat kesegaran dari pembuangan air limbah itu sendiri, dimana limbah yang segar akan memiliki intensitas bau lebih rendah. Senyawa utama penyebab timbulnya bau adalah gas Hidrogen Sulfida (H_2S). H_2S merupakan gas yang terbentuk akibat proses penguraian zat organik oleh mikroorganisme dengan cara memecah senyawa sulfat menjadi sulfida dalam kondisi anaerobik.

2. Sifat Kimia

Bahan kimia yang terkandung di dalam air limbah dapat merugikan dan berbahaya bagi lingkungan.

a. pH

Derajat keasaman atau pH sangat penting dalam pengolahan air limbah secara biologis karena mikroorganisme hanya bekerja secara aktif pada nilai sekitar 6,5 – 8. Diluar dari kisaran nilai tersebut, pH dapat menghambat bahkan menghentikan aktivitas biologis untuk mereduksi bahan organik.

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical oxygen demand merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan di dalam air untuk mengoksidasi bahan organik melalui proses reaksi secara kimiawi. COD dinyatakan dalam ppm (*part per million*) (Tchobanoglous dkk., 2003).

c. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological oxygen demand atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi atau

mengoksidasi bahan organik yang terdapat di dalam air limbah (Tchobanoglous dkk., 2014).

d. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan bahan pencemar yang sering ditemukan di dalam badan air, salah satu sumber pencemarnya adalah dari agroindustri.

3. Sifat Biologi

Sifat biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasanya digunakan adalah jumlah mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah. Pengolahan air limbah secara biologis dapat didefinisikan sebagai suatu proses pelibatan kegiatan mikroorganisme dalam air untuk melakukan transformasi senyawa-senyawa kimia kompleks menjadi senyawa lain yang lebih sederhana. Mikroorganisme mengkonsumsi bahan-bahan organik untuk membuat biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya (Tchobanoglous dkk., 2003).

2.1.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, menyebutkan bahwa baku mutu air limbah domestik untuk kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen, perhotelan dan asrama yang berlaku di Jawa Timur dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

| BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK | |
|-------------------------------|----------------------|
| Parameter | Kadar Maximum (mg/l) |
| BOD ₅ | 30 |
| COD | 50 |
| TSS | 50 |
| Minyak dan Lemak | 10 |
| pH | 6-9 |

Sumber : Peraturan Gubernur Jatim No. 72 tahun 2013

2.2 Debit Air Limbah

Debit rata-rata air limbah diperoleh dari jumlah rata-rata air limbah yang dihasilkan selama 24 jam sesuai dengan data debit tahunan (Tchobanoglous dkk., 2003). Debit puncak merupakan debit yang biasa terjadi ketika manusia melakukan aktifitas sehari-hari yang melibatkan air secara bersamaan, hal ini biasanya terjadi pada waktu pagi dan sore hari seperti berangkat atau pulang dari kegiatan sekolah, kerja, dan beribadah. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2011), air limbah memiliki faktor timbulan 80% dari konsumsi air bersih pemakai yang besarnya antara 60 – 220 liter/orang/hari. Air limbah domestik sendiri terdiri dari 2 jenis yaitu *blackwater* dan *greywater*. Berdasarkan Supriyanto (2014), 80% dari pemakaian air bersih akan berubah menjadi air limbah dan 75% dari total air limbah tersebut merupakan *greywater*.

Total konsumsi rata-rata air bersih perlu ditentukan sebelum melakukan perhitungan debit air limbah. Perhitungan total konsumsi rata-rata air bersih dapat dilihat pada persamaan (2.1)

$$Q_{\text{ave air bersih}} = \text{Keb. air bersih per orang} \times \text{Jumlah orang} \quad (2.1)$$

Setelah didapatkan debit rata-rata air bersih, langkah selanjutnya adalah menghitung debit air limbah rata-rata dengan persamaan (2.2)

$$Q_{\text{ave air limbah}} = 80 \% \times Q_{\text{ave air bersih}} \quad (2.2)$$

Perencanaan ini difokuskan untuk mengolah air limbah jenis *greywater* sehingga debit air limbah rata-rata untuk *greywater* didapat melalui persamaan (2.3)

$$Q_{\text{ave greywater}} = 75 \% \times Q_{\text{ave air limbah}} \quad (2.3)$$

2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah

Berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya (2013), jenis pengolahan air limbah terbagi atas 2 sistem yaitu sistem setempat (*on-site system*) dan sistem terpusat (*off-site system*).

2.3.1 Sistem Setempat (*On-Site Sistem*)

Pengolahan sistem setempat merupakan sistem dimana fasilitas pengolahan air limbah berada di dalam daerah persil (batas tanah yang dimiliki). Fasilitas ini terdiri dari fasilitas individu berupa tangki septik dan cubluk, serta fasilitas komunal yaitu MCK umum. Sistem ini sesuai digunakan pada daerah dengan kepadatan rendah, yaitu <250 orang/ha (PU, 2012).

Kelebihan dari penggunaan sistem ini adalah:

- Menggunakan teknologi sederhana
- Biaya yang diperlukan rendah
- Penyediaan mudah, sehingga masyarakat dan tiap-tiap keluarga dapat menyediakan secara mandiri.
- Manfaat dapat dirasakan secara langsung.

Kekurangan dari penggunaan sistem ini adalah:

- Tidak dapat diterapkan pada semua daerah, misalnya bergantung pada permeabilitas tanah, tingkat kepadatan dan lain-lain.
- Fungsi terbatas pada buangan kotoran manusia dan tidak menerima limbah kamar mandi dan air limbah bekas cucian.
- Operasi dan pemeliharaan sulit dilaksanakan.

2.3.2 Sistem Terpusat (*Off-Site Sistem*)

Pengolahan sistem terpusat merupakan sistem dimana fasilitas pengolahan air limbah berada di luar daerah persil (batas tanah) atau dipisahkan dengan batas jarak atau tanah yang menggunakan perpipaan untuk mengalirkan air limbah dari rumah-rumah secara bersamaan dan kemudian dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah. Sistem ini sesuai digunakan untuk daerah dengan kepadatan penduduk tinggi, yaitu >250 orang/ha (PU, 2012).

Kelebihan dari penggunaan sistem ini adalah:

- Memberikan pelayanan yang lebih nyaman
- Menampung semua air limbah domestik (*greywater* dan *blackwater*)
- Pencemaran terhadap air tanah dan badan air dapat dihindari.
- Sesuai untuk daerah perkotaan dengan kepadatan tinggi sampai menengah.
- Memiliki masa pakai lebih lama.

Kekurangan dari penggunaan system ini adalah:

- Memerlukan biaya investasi, operasi dan pemeliharaan yang tinggi
- Memerlukan tenaga-tenaga terampil dan atau terdidik untuk menangani operasi dan pemeliharaan.
- Keuntungan hanya bisa dicapai sepenuhnya setelah pembangunan selesai seluruhnya dan digunakan oleh seluruh penduduk di daerah tersebut.
- Memerlukan perencanaan dan pelaksanaan dengan jangka waktu yang lama.

2.4 Jenis Pengolahan Air Limbah

Air limbah domestik memiliki dominan karakteristik berupa zat organik yang mudah terdegradasi (*biodegradable*). *Blackwater* atau limbah yang berasal dari wc/kakus memiliki beban organik yang lebih tinggi dibanding *greywater* (Hernandez, 2007). Pemilihan teknologi pengolahan air limbah harus mempertimbangkan beberapa hal yakni debit air limbah yang akan diolah, kualitas air hasil olahan yang diharapkan, kemudahan dalam hal pengelolaan, ketersediaan lahan dan sumber energi, serta biaya operasi dan perawatan diupayakan serendah mungkin. Pengolahan biologis dapat menjadi pilihan dalam alternatif pengolahan air limbah dan memungkinkan untuk melakukan pengolahan secara desentralisasi. Pengolahan biologis merupakan pengolahan air limbah yang memanfaatkan kegiatan mikroorganisme atau bakteri untuk mendegradasi polutan organik. Berdasarkan kebutuhan oksigen, proses pengolahan biologis dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

a. Pengolahan Secara Aerobik

Pengolahan secara aerobik sangat bergantung pada aktifitas mikroorganisme, sehingga keberadaan oksigen harus sesuai dengan kebutuhannya. Teknologi pengolahan air limbah domestik secara aerobik yang sering diterapkan adalah sistem lumpur aktif, karena memiliki efisiensi removal yang tinggi dan kemudahan dalam operasionalnya (Kassab dkk., 2010). Pada pengolahan secara aerobik ini dihasilkan lumpur yang berlebih karena fase pertumbuhan biomassa yang cukup besar sehingga dibutuhkan bangunan tambahan berupa bangunan pengolahan

lumpur. Proses ini biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tidak terlalu besar.

b. Pengolahan Secara Anaerobik

Pengolahan secara anaerobik tidak membutuhkan oksigen dalam prosesnya. Pengolahan secara anaerobik dapat menjadi alternatif pengolahan yang layak dan ekonomis karena kemudahan dalam konstruksinya, mudah dioperasikan dengan biaya yang efisien, kemungkinan produksi lumpur yang kecil, dapat memproduksi energi dalam bentuk energi biogas dan bisa diaplikasikan dalam skala besar maupun kecil (Kassab dkk., 2010). Proses secara anaerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang tinggi.

c. Pengolahan Secara Fakultatif

Pengolahan secara fakultatif merupakan pengolahan dimana air limbah berada pada kondisi aerobik dan anaerobik pada waktu yang bersamaan. Proses ini dapat berlangsung dengan atau tanpa kehadiran dari oksigen. Sumber oksigen biasanya berasal dari aerasi mekanik namun intensitas pengadukannya yang lambat menyebabkan disekitar atau pada dasar kolam terdapat endapan lumpur dalam kondisi anaerobik. Organisme aerob hidup tersebar dengan memanfaatkan oksigen. Bertambahnya jumlah organisme maka cenderung akan terbentuk flok-flok yang semakin besar kemudian mengendap dan kekurangan oksigen. Biomassa tersebut kemudian mengalami resis dan menjadi makanan/nutrisi bagi organisme anaerob (Krismawati, 2013).

2.5 Teknologi Pengolahan yang Tersedia

a. Anaerobic Baffled Reactor

Anaerobic Baffled Reactor merupakan teknologi tangki septik konvensional yang telah dikembangkan. ABR terdiri dari kompartemen pengendap yang diikuti oleh beberapa reaktor baffle vertikal. Deretan baffle memaksa air limbah mengalir melewatinya mengarahkan aliran naik turun melalui beberapa seri reaktor selimut lumpur (*sludge blanket*). Aliran seperti ini menyebabkan aliran air limbah yang masuk (influent) memiliki waktu kontak yang lebih lama dengan biomassa anaerobik, sehingga meningkatkan efisiensi dan kinerja pengolahan. Setiap kompartemen

pada ABR akan menghasilkan gas sehingga perlu dilengkapi saluran udara (pipa vent). Penurunan BOD pada ABR sekitar 70-95%, presentase penurunannya lebih tinggi dibanding tangki septik. Menstabilkan biomassa di awal proses operasi membutuhkan waktu selama 3 bulan. ABR berpotensi mengolah limbah domestik di dalam kawasan pemukiman padat (Srikandi dkk., 2015). Berdasar Tilley dkk. (2008) keuntungan dan kerugian dari teknologi *Anaerobic Baffled Reactor* adalah:

➤ Keuntungan :

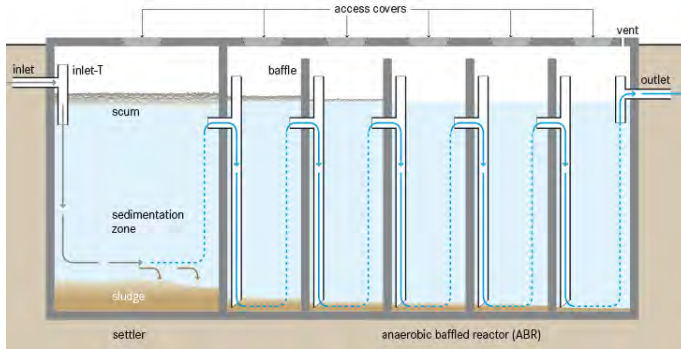
- Tahan terhadap fluktuasi beban hidrolis dan zat organik
- Tidak memerlukan energi listrik
- Biaya investasi dan pengoperasian rendah
- Umur pelayanan panjang
- Reduksi BOD tinggi
- Produksi lumpur rendah dan lebih stabil
- Tidak membutuhkan lahan yang luas (dapat dibangun di bawah tanah)
- Mudah untuk dioperasikan

➤ Kerugian :

- Membutuhkan waktu *start-up* yang lama
- Membutuhkan desain dan konstruksi yang detail
- Reduksi bakteri patogen dan nutrisi rendah
- Effluent dan lumpur yang dihasilkan membutuhkan pengolahan lebih lanjut
- Membutuhkan sumber air yang konstan

Kriteria perencanaan yang digunakan sebagai acuan dalam mendesain unit pengolahan jenis *Anaerobic Baffled Reactor* (Sasse, 2009):

- Organic Loading Rate (OLR) = $< 3 \text{ Kg COD/m}^3 \cdot \text{jam}$
- Hydraulics Retention Time (HRT) = 8 - 20 jam
- Kecepatan aliran (V_{up}) = $< 2 \text{ m/jam}$
- Panjang Kompartemen = 50 – 60% kedalaman



Gambar 2. 1 *Anaerobic Baffled Reactor*

Sumber: Tilley, 2014

Perhitungan Dimensi ABR:

- Volume Reaktor:

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \quad (2.4)$$

- Laju Beban Organik (Organic Loading Rate – OLR)

$$\text{OLR} = \frac{Q \times S_o}{\text{Volume}} \quad (2.5)$$

- Waktu Tinggal Hidrolis (Hydraulic Retention Time – HRT)

$$\text{HRT} = \frac{\text{Volume}}{Q} \quad (2.6)$$

- Laju Beban Hidrolis (Hydraulic Loading Rate – HLR)

$$\text{HLR} = \frac{Q}{A \text{ Surface}} \quad (2.7)$$

- Kecepatan Aliran Upflow

$$V_{up} = \frac{Q}{\text{Jumlah sekat} \times \text{kompartemen} \times \text{lebar reaktor}} \quad (2.8)$$

- Kedalaman (h)

$$H = \frac{\text{Volume}}{A \text{ Surface}} \quad (2.9)$$

b. Anaerobik Filter

Anaerobik filter merupakan sebuah tangki septik yang berisi satu atau lebih kompartemen (ruang) yang dikombinasikan dengan filter. Filter ini terbuat dari bahan alami dan sederhana seperti kerikil, sisa arang, bambu, batok kelapa atau plastik yang dibentuk khusus. Proses

anaerobik dapat dipicu dengan penambahan bakteri aktif dari lumpur tinja tangki septik. Bakteri aktif disemprotkan pada materi filter. Aliran air limbah yang masuk akan mengalir melewati filter, kemudian materi organik akan diuraikan oleh biomassa yang menempel pada materi filter tersebut. Berdasar Tilley dkk. (2008) keuntungan dan kerugian dari teknologi Anaerobik Filter adalah:

➤ Keuntungan :

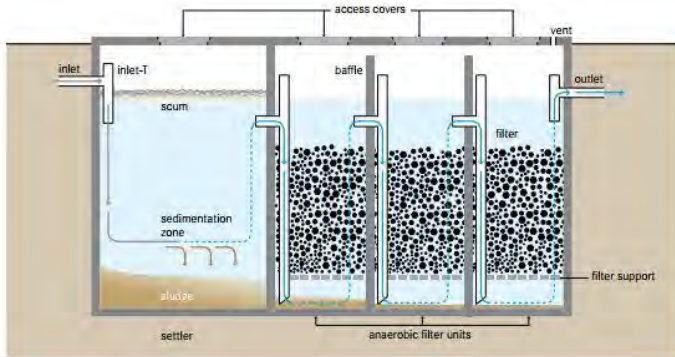
- Tahan terhadap fluktuasi beban hidrolis dan zat organik
- Tidak memerlukan energi listrik
- Biaya investasi dan pengoperasian rendah
- Umur pelayanan panjang
- Reduksi BOD dan Solid tinggi
- Produksi lumpur rendah dan lebih stabil
- Tidak membutuhkan lahan yang luas (dapat dibangun di bawah tanah)

➤ Kerugian :

- Membutuhkan waktu *start-up* yang lama
- Membutuhkan perencanaan desain dan konstruksi yang detail
- Reduksi bakteri patogen dan nutrisi rendah
- Effluent dan lumpur yang dihasilkan membutuhkan pengolahan lebih lanjut
- Beresiko terhadap penyumbatan media
- Tidak boleh terkena banjir, dan berada pada lokasi dengan muka air tanah yang rendah

Kriteria perencanaan yang digunakan sebagai acuan dalam mendesain unit pengolahan jenis *Anaerobic Filter* (Sasse, 1998):

- Organic Loading Rate (OLR) = 4 – 5 Kg COD/m³.jam
- OLR BOD = 0,4 – 4,7 kg BOD/m³
- Hydraulics Retention Time (HRT) = 24 – 48 jam
- BOD removal = 70 – 90 %
- Luas spesifik media = 80 – 180 m²
- Kecepatan aliran (Vup) = < 2 m/jam



Gambar 2. 2 *Anaerobic Filter*
Sumber: Tilley, 2014

Perhitungan dimensi AF (Said, 2008):

a) Volume Media:

$$V. \text{ Media} = \frac{Q_{\text{ave}} \times \text{BOD}}{\text{OLR BOD}} \quad (2.10)$$

Dimana:

V media = volume media yang dibutuhkan

Q ave = debit rata-rata limbah cair (L/hari)

BOD = konsentrasi BOD masuk (mg/L)

OLR BOD = organic loading rate BOD

b) Volume reaktor:

$$V_{\text{reaktor}} = \frac{100 \times V_{\text{media}}}{60} \quad (2.11)$$

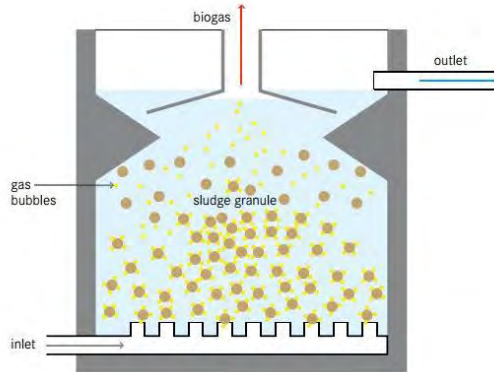
c) Waktu Tinggal (td):

$$td = \frac{V_{\text{reaktor}} \times 24 \text{ jam/hari}}{Q_{\text{ave}}} \quad (2.12)$$

c. *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*

Reaktor UASB merupakan sebuah tangki proses tunggal dengan sistem aliran ke atas. Air limbah masuk dari dasar reaktor dan mengalir ke atas melewati lapisan lumpur anaerobik yang aktif (*sludge blanket*) (Tilley dkk., 2014). Lapisan lumpur terdiri dari gumpalan mikro-organisme atau disebut sebagai granula dengan berat tertentu sehingga tidak terbawa oleh aliran naik. UASB memiliki separator untuk memisahkan lumpur, air dan biogas. Kecepatan

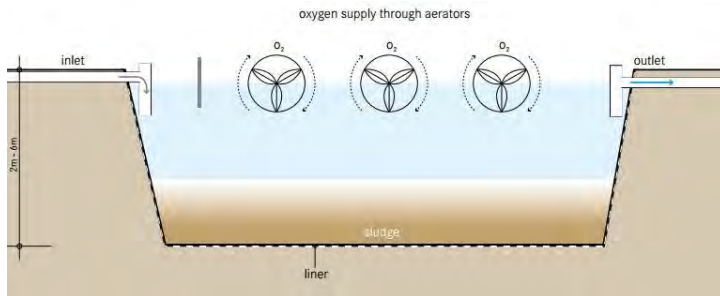
aliran naik dipertahankan pada kecepatan 0,6 – 0,9 m/jam agar lapisan lumpur tetap terapung dan berperan sebagai filter (Soedjono dkk., 2010).



Gambar 2. 3 *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor*
Sumber: Tilley, 2014

d. Kolam Aerasi

Kolam aerasi memiliki sistem yang hampir serupa dengan kolam fakultatif kecuali kehadiran oksigen secara natural. Kolam aerasi membutuhkan aerator mekanik yang berfungsi sebagai asupan oksigen untuk mempertahankan kondisi aerobik mikroorganisme tersuspensi yang tercampur dengan air limbah agar mendapatkan laju degradasi organik yang tinggi. Kehadiran aerator dan proses pengadukan menjadikan kolam aerasi lebih menguntungkan dibanding kolam stabilisasi. Semakin tinggi tingkat aerasi, memberikan peningkatan kinerja pada proses degradasi serta removal bakteri pathogen. (Tilley dkk., 2014) Kedalaman yang dibutuhkan 2 – 5 m dengan HRT 3 – 20 hari. Pengurasan lumpur pada kolam dilakukan setiap 2 – 5 tahun sekali. Untuk menghindari kebocoran, perlu ditambahkan lapisan liner pada bawah kolam. Lapisan ini dapat terbuat dari clay, aspal, tanah terkompaksi atau material lain yang tahan air. (Conradin dkk., 2010)



Gambar 2. 4 Kolam Aerasi
Sumber: Tilley, 2014

2.6 Metode Pengumpulan Data

2.6.1 Metode Sampling

Metode sampling merupakan suatu teknik atau cara untuk menentukan jumlah sampel sebagai sumber yang mewakili data sebenarnya dengan memperhatikan sifat dan penyebaran populasi agar didapatkan hasil yang representatif (Margono, 2004). Menurut Sugiyono (2001) teknik sampling yang digunakan untuk menentukan jumlah sampel dapat dibagi menjadi dua yaitu, probability sampling dan non-probability sampling. Probability sampling merupakan teknik sampling yang memberikan peluang yang sama untuk dipilih bagi setiap anggota populasi, sebaliknya non-probability sampling tidak memberikan kesempatan yang sama. Praktik pengumpulan data yang paling lazim digunakan adalah teknik *probability sampling* khususnya sistem *stratified random sampling* yaitu membagi N anggota populasi menjadi L strata (Cochran, 1977). Salah satu metode untuk mendapat jumlah sampel dengan sistem *stratified random sampling* adalah rumus Slovin seperti pada persamaan (2.13)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (2.13)$$

Dimana:

n = ukuran sampel

N = ukuran populasi

e = Taraf kesalahan (error) sebesar 10%

Penentuan ukuran sampel untuk masing-masing strata menggunakan persamaan (2.14)

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right) \quad (2.14)$$

Dimana:

n_i = Jumlah sampel tiap strata (KK)

N_i = Jumlah populasi tiap strata (KK)

2.6.2 Metode Wawancara

Metode wawancara merupakan salah satu metode pengumpulan data yang memiliki definisi yaitu proses interaksi yang melibatkan dua orang sebagai pewawancara dan subjek yang diwawancara untuk mendapatkan informasi secara langsung dan mendalam dengan mengajukan sejumlah pertanyaan. Menurut Sugiyono (2011), metode wawancara terbagi menjadi 3 macam yaitu sebagai berikut :

1. Wawancara terstruktur (*structured interview*), dalam pelaksanaannya peneliti telah mengetahui data dan informasi apa saja yang dibutuhkan. Teknik ini memerlukan persiapan instrumen penelitian berupa pertanyaan-pertanyaan tertulis sekaligus alternatif jawaban.
2. Wawancara semistruktur (*semistruktur interview*), dalam pelaksanaannya lebih bebas dibanding dengan wawancara terstruktur dan telah termasuk dalam kategori *in-depth interview*. Pihak yang diwawancara akan diminta pendapatnya untuk menemukan permasalahan secara lebih terbuka.
3. Wawancara tidak berstruktur (*unstructured interview*), merupakan teknik wawancara tanpa menggunakan pedoman yang telah terstruktur secara sistematis. Pedoman yang digunakan hanya berupa garis besar permasalahan sehingga pewawancara belum mengetahui secara pasti tentang data yang diperoleh dan cenderung untuk mendengarkan cerita dari responden.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

3.1 Batas Wilayah dan Administrasi

Kota Surabaya adalah ibukota Provinsi Jawa Timur yang terletak antara 07°21' Lintang Selatan dan 112°36' - 112°54' Bujur Timur. Surabaya memiliki luas wilayah kurang lebih 326,36 Km² yang terbagi dalam 31 Kecamatan. Wilayahnya merupakan daerah dataran rendah dengan ketinggian rata-rata 3-6 meter diatas permukaan laut. Batas Utara dan Timur Kota Surabaya adalah Selat Madura, sedangkan batas Barat dan Selatan masing-masing adalah Kabupaten Gresik dan Kabupaten Sidoarjo (Surabaya dalam Angka, 2015).

Kecamatan Rungkut merupakan salah satu kecamatan yang terletak di kawasan Surabaya Timur dengan luas wilayah 21,02 km² atau 6,4% dari seluruh wilayah Kota Surabaya. Kecamatan Rungkut terdiri dari 6 kelurahan yaitu meliputi Kelurahan Rungkut, Kelurahan Medokan Ayu, Kelurahan Wonorejo, Kelurahan Kedungbaruk, Kelurahan Kali Rungkut, dan Kelurahan Penjaringansari. Kecamatan Rungkut memiliki batas-batas wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Kecamatan Sukililo

Sebelah Timur : Selat Madura

Sebelah Selatan : Kecamatan Gunung Anyar

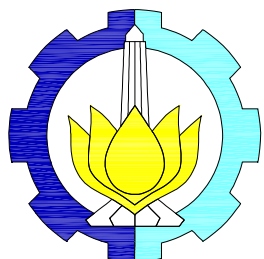
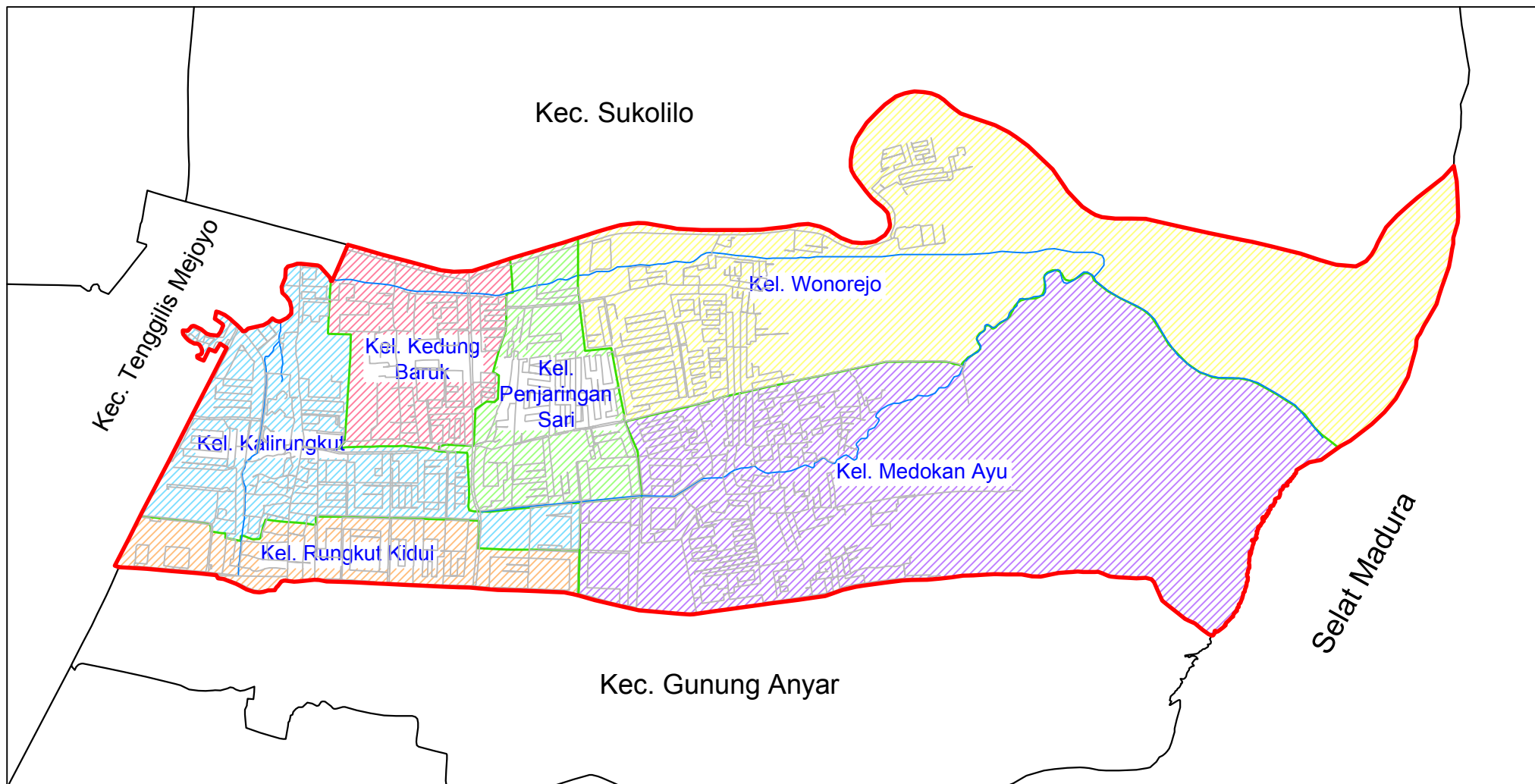
Sebelah Barat : Kecamatan Tenggilis Mejoyo

Peta administrasi Kecamatan Rungkut Kota Surabaya dapat dilihat pada Gambar 3.1

3.2 Kependudukan (Demografi)

Jumlah penduduk Kecamatan Rungkut pada tahun 2013 berjumlah 111.945 jiwa. Berdasarkan jenis kelaminnya, jumlah penduduk terdiri dari 56.028 jiwa laki-laki dan 55.916 jiwa perempuan. Kecamatan Rungkut merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak ketiga pada wilayah Surabaya Timur. Kepadatan penduduk adalah jumlah penduduk di suatu daerah per satuan luas. Salah satu faktor terjadinya kepadatan penduduk adalah tersedianya sumber daya alam dan lapangan pekerjaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR

TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T.,
PhD.

LEGENDA

| | | | | | |
|--|-------------------|--|-------------------------|--|--------------------|
| | : BATAS KECAMATAN | | : Kel. Kedung Baruk | | : Kel. Medokan Ayu |
| | : BATAS KELURAHAN | | : Kel. Kalirungkut | | : Kel. Wonorejo |
| | : JALAN | | : Kel. Rungkut Kidul | | |
| | : SUNGAI | | : Kel. Penjaringan Sari | | |

SKALA GAMBAR



JUDUL GAMBAR

PETA ADMINISTRASI
KECAMATAN RUNGKUT
KOTA SURABAYA

Sumber: BAPPEKO Surabaya,
2015

NO. GAMBAR

3.1

HALAMAN

23

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Kecamatan Rungkut di tahun 2013 memiliki jumlah kepadatan penduduk sebesar 5.326 jiwa/km². Jumlah dan kepadatan penduduk dapat selengkapnya dilihat pada Tabel 3.1 :

Tabel 3. 1 Luas Wilayah dan Jumlah Penduduk Kecamatan Rungkut

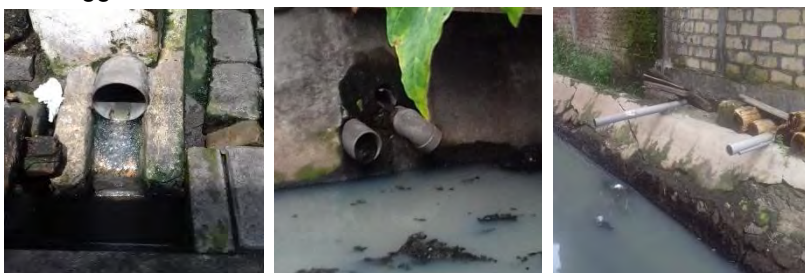
| Kelurahan | Luas | Jumlah Penduduk | Kepadatan Penduduk |
|------------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| | Km ² | Jiwa | Jiwa/Km ² |
| Rungkut Kidul | 1,37 | 13.981 | 10.205 |
| Medokan Ayu | 7,23 | 21.938 | 3.034 |
| Wonorejo | 6,48 | 15.361 | 2.371 |
| Penjaringan Sari | 1,81 | 18.835 | 10.406 |
| Kedung Baruk | 1,55 | 16.850 | 10.871 |
| Kalirungkut | 2,58 | 24.980 | 9.682 |
| JUMLAH | 21,02 | 111.945 | 5.326 |

Sumber: Kecamatan Rungkut dalam Angka, 2014

3.3 Kondisi Sanitasi di Kecamatan Rungkut

Kecamatan Rungkut merupakan daerah padat penduduk dengan jumlah rumah tangga sebanyak 24.257 KK. Berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan, mayoritas penduduk menggunakan air PDAM sebagai sumber air bersih. Sebagian besar masyarakat juga telah memiliki tangki septik untuk mengolah *blackwater* namun masih membuang langsung air limbah *greywater* menuju saluran drainase. Pembuangan yang berkelanjutan tanpa melalui proses pengolahan akan mengakibatkan berbagai masalah pada badan air. Masalah yang terjadi diantaranya adalah pendangkalan saluran akibat endapan zat organik dan peristiwa eutrofikasi. Pada dasarnya saluran drainase didesain untuk menerima dan menyalurkan air hujan dengan harapan pada saat musim kemarau, saluran ini akan menjadi kering. Kenyataannya, fungsi saluran drainase di Kecamatan Rungkut masih disalahgunakan dalam arti tercampurnya air limbah dengan air hujan. Pendangkalan ini dapat menyebabkan berkurangnya volume penerimaan air yang berakibat pada peluapan atau terjadinya banjir (*overload*). Saluran drainase di Kecamatan Rungkut juga masih banyak yang menggenang atau tidak mengalir pada musim kemarau, dimana

genangan air ini bisa menjadi sarang vektor penyakit. Peristiwa eutofikasi juga dapat mengurangi kadar oksigen terlarut di dalam air yang berpengaruh terhadap populasi biota air. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah upaya pengolahan air limbah domestik khususnya untuk *greywater* dengan merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Dokumentasi yang menunjukkan kondisi di wilayah Kecamatan Rungkut dapat dilihat pada Gambar 3.2 hingga 3.6



Gambar 3. 2 Pipa Greywater diarahkan langsung ke Saluran Drainase

Gambar 3.2 terlihat bahwa masih banyak rumah-rumah yang menyalurkan pipa pembuangan menuju saluran drainase. Gambar 3.3 menggambarkan bahwa saluran drainase pada rumah-rumah cenderung terisi pada musim kemarau, serta tidak mengalir (menggenang). Di dalam saluran drainase juga tampak buih dan sedimen terapung yang menyatakan bahwa saluran tersebut merupakan tempat pembuangan *greywater* (Gambar 3.4).



Gambar 3. 3 Air Menggenang pada Saluran Drainase

Pada Gambar 3.5 terlihat bahwa drainase sudah tidak mampu menampung air hujan (*overload*). Gambar 3.6 menunjukkan terjadinya peristiwa eutrofikasi dibuktikan dengan banyaknya tumbuhan eceng gondok yang mengapung di badan air.



Gambar 3. 4 Sedimen yang Mengapung pada Permukaan Saluran



Gambar 3. 5 Saluran Drainase "*overload*" Ketika Hujan



Gambar 3. 6 Terjadinya Peristiwa Eutrofikasi

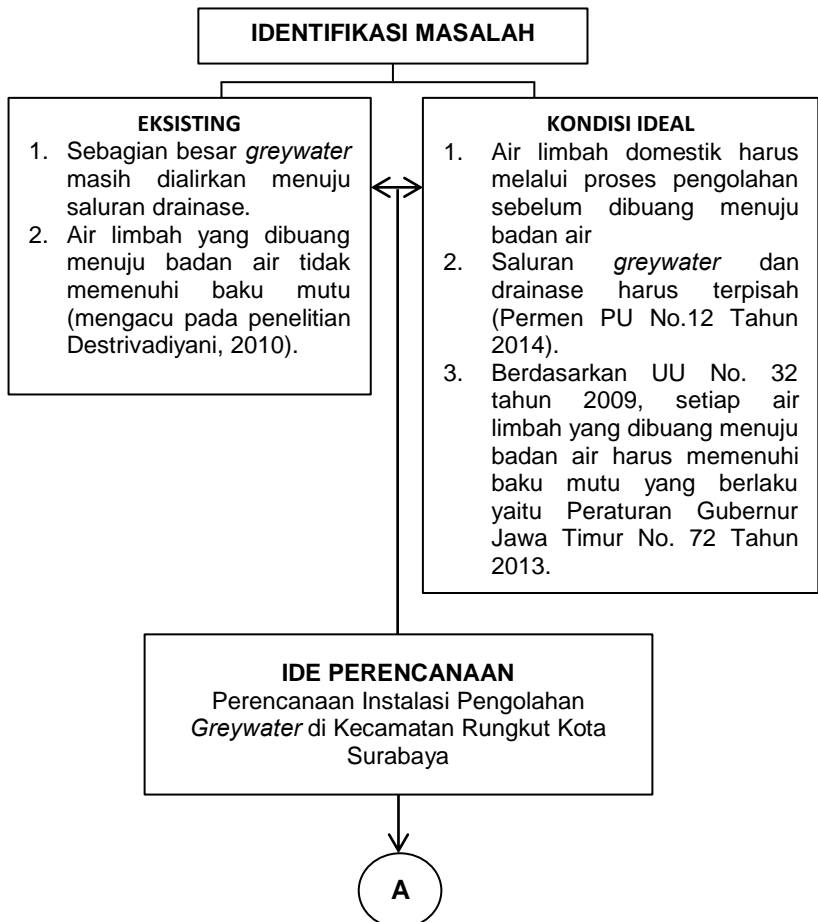
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

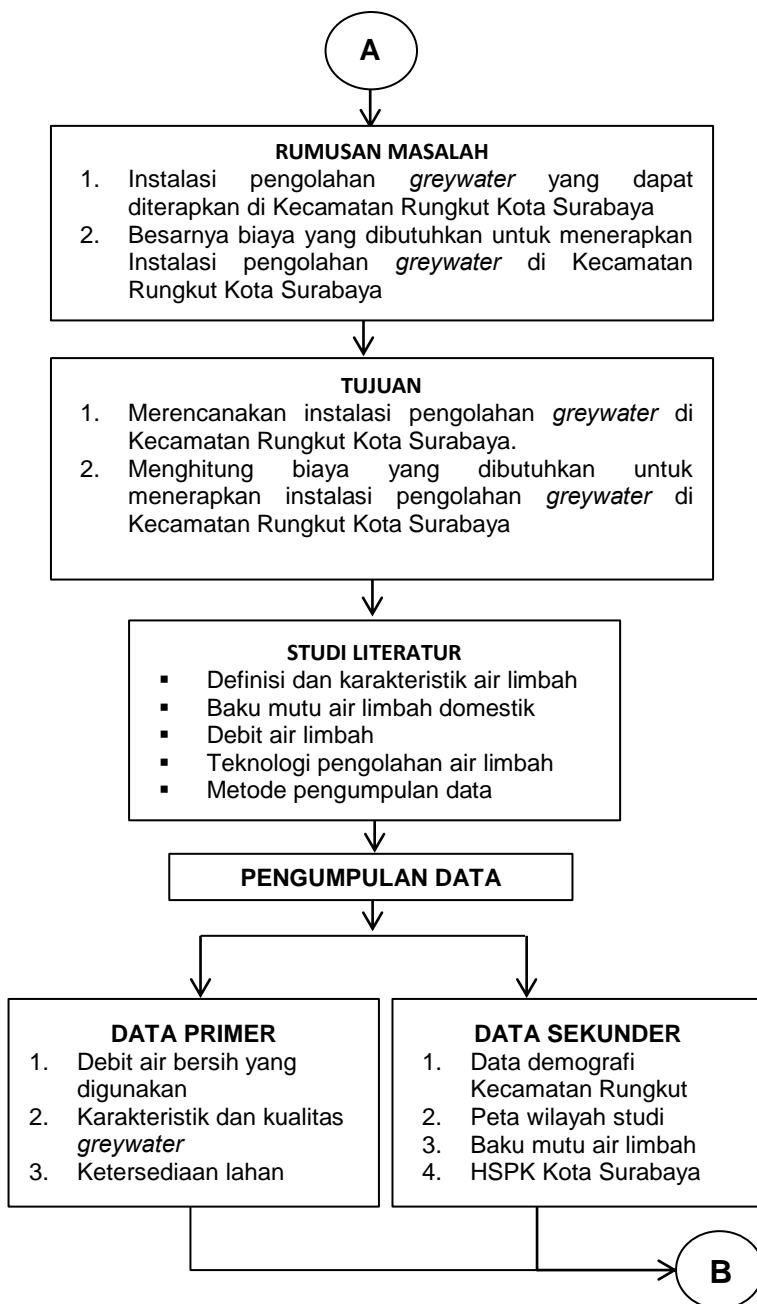
BAB 4

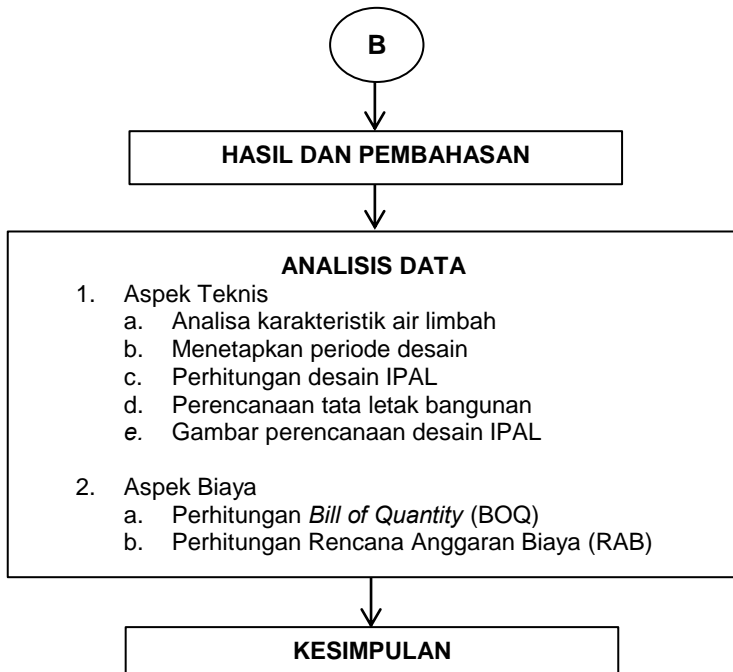
METODE PERENCANAAN

4.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan merupakan dasar pemikiran dan arahan kerja dalam menentukan langkah-langkah dan metode yang digunakan selama perencanaan sehingga dapat ditentukan metode yang paling sistematis dan meminimalisasi tingkat kesalahan. Kerangka perencanaan secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 4.1







Gambar 4. 1 Kerangka Perencanaan

4.2 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan kerangka perencanaan yang tertera pada Gambar 4.1 maka dapat dijelaskan lebih lanjut di dalam tahapan perencanaan sebagai berikut:

1. Ide Perencanaan

Ide perencanaan pada tugas akhir ini diambil akibat terjadinya kesenjangan atau gap antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal yang ingin dicapai oleh pemerintah. Sebagian besar masyarakat, masih mengalirkan *greywater* menuju saluran drainase yang pada kondisi idealnya kedua sistem pembuangan tersebut harus terpisah. Saluran yang tidak terpisah dapat menjadikan berkurangnya volume penampungan air hujan akibat pengendapan zat organik. Berdasarkan penelitian terdahulu, diketahui bahwa

karakteristik tipikal air limbah domestik telah melampaui baku mutu. Sehingga perlu adanya upaya perbaikan lingkungan dengan perencanaan instalasi pengolahan air *greywater* di Kecamatan Rungkut Surabaya.

2. Studi Literatur

Studi literatur digunakan sebagai dasar dan pendukung perencanaan tugas akhir. Studi literatur dapat diperoleh melalui buku/*textbook*, jurnal nasional dan internasional yang terkait serta peraturan perundang-undangan dan kebijakan pemerintah. Literatur yang digunakan dalam perencanaan ini meliputi :

- Definisi dan karakteristik air limbah
- Baku mutu air limbah domestik
- Debit air limbah
- Teknologi pengolahan air limbah
- Metode pengumpulan data

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data digunakan sebagai sumber informasi dan pendukung perencanaan. Data yang dibutuhkan meliputi data primer dan data sekunder dengan keterangan sebagai berikut :

a. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan pada perencanaan IPAL sistem terpisah ini didapat melalui penelitian laboratorium, observasi lapangan dan wawancara.

- Penelitian Laboratorium

Penelitian laboratorium dilakukan untuk mendapat hasil analisa karakteristik dan kualitas air limbah melalui pengambilan sampel secara *grab sampling* dengan frekuensi pengambilan 1 minggu sekali selama 3 minggu berturut-turut. Pengambilan dilakukan pada lokasi dan waktu yang sama yaitu antara pukul 06.00 – 07.30 WIB dengan asumsi rentang waktu tersebut merupakan jam puncak pemakaian air bersih masyarakat secara bersamaan. Lokasi sampling berada pada salah satu rumah warga tepatnya untuk Kelurahan kedung Baruk di RW 6, Kelurahan Penjaringan Sari di RW 7, dan Kelurahan Rungkut Kidul di RW 9. Air yang diambil merupakan jenis *greywater*

sehingga ditampung langsung dari outlet pipa pembuangan air limbah rumah tangga. Parameter yang diuji adalah BOD, COD, TSS dan pH.

- Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan melihat secara langsung kondisi eksisting wilayah perencanaan di lapangan. Hal-hal yang diobservasi antara lain adalah kondisi saluran drainase, jalan, dan ketersediaan lahan. Lebar jalan dan lahan berupa fasilitas umum akan diukur dimensinya menggunakan alat "*walking distance meter*". Ketersediaan lahan perlu diobservasi untuk menentukan lokasi penempatan IPAL nantinya. Hasil observasi didokumentasikan dalam bentuk gambar pada Lampiran 1 sebagai pendukung gambaran wilayah perencanaan.

- Wawancara

Metode wawancara yang digunakan merupakan sistem semiterstruktur dengan cara mendatangi responden secara langsung sekaligus menanyakan beberapa pertanyaan yang tertera di lembar kuisioner. Secara umum, pertanyaan yang diajukan meliputi kuantitas air bersih, penggunaan air bersih, dan kondisi sanitasi masyarakat. Besarnya sampel ditentukan dengan menggunakan satuan rumah tangga atau KK. Perhitungan didasarkan pada persamaan 2.13 dengan jumlah populasi (N) sebanyak 14.267 KK dan tingkat kesalahan (e) sebesar 10%, sehingga didapat jumlah total responden sebesar 99 KK. Perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} n &= \frac{N}{1+Ne^2} \\ &= \frac{14.267}{1+14.267 \times (10\%)^2} \\ &= 99 \text{ sampel} \end{aligned}$$

Wawancara akan dilakukan di tiga kelurahan. Jumlah sampel pada masing-masing kelurahan didapat melalui persamaan 2.14. Contoh perhitungan pada Kelurahan Rungkut Kidul dengan jumlah populasi sebanyak 4.083 KK adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 n_i &= n \left(\frac{N_i}{N} \right) \\
 &= 99 \times \left(\frac{4083}{14267} \right) \\
 &= 28 \text{ sampel}
 \end{aligned}$$

Data responden selengkapnya tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Penentuan Jumlah Sampel

| No. | Kelurahan | Jumlah Populasi (KK) | Jumlah Sampel (KK) |
|-------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | Rungkut Kidul | 4.083 | 28 |
| 2 | Penjaringan Sari | 5.386 | 37 |
| 3 | Kedung Baruk | 4.798 | 33 |
| Total | | 14.267 | 99 |

b. Data Sekunder

- Data demografi kependudukan didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Peta wilayah studi didapatkan dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Surabaya.
- Data air bersih didapat dengan mengumpulkan nomor rekening masyarakat yang nantinya akan dicari melalui *website* PDAM Kota Surabaya
- Baku mutu air limbah didapatkan dari Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013.
- Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya didapatkan dari Pemerintah Kota Surabaya.

4.3 Analisa Data dan Pembahasan

Analisa data dan pembahasan dilakukan berdasar data-data yang telah terkumpul dan disesuaikan dengan ruang lingkup perencanaan. Selanjutnya data tersebut diolah dengan mempertimbangkan dua aspek yaitu aspek teknis dan aspek biaya dengan rincian sebagai berikut :

1. Aspek Teknis

Aspek teknis pada perencanaan unit IPAL terpilih dapat diuraikan sesuai dengan langkah berikut:

- Analisa karakteristik air limbah dilakukan di laboratorium dengan melakukan uji 4 parameter analisis yaitu TSS, BOD, COD, dan pH.
- Penetapan periode perencanaan dengan rentang 5 – 10 tahun dengan asumsi wilayah perencanaan merupakan kawasan padat dan tidak akan mengalami kenaikan penduduk secara signifikan.
- Penentuan baku mutu air limbah yaitu mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013.
- Pemilihan alternatif pengolahan yang sesuai dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor seperti karakteristik air limbah, kemudahan operasional dan perawatan bangunan, ketersediaan lahan, serta kemampuan dan ketersediaan masyarakat dalam pembangunan dan perawatan bangunan.
- Perhitungan desain IPAL bertujuan untuk mendapatkan dimensi-dimensi unit pengolahan sebagai acuan pembangunan. Hasil perhitungan juga digunakan untuk menggambar denah, potongan, dan peletakan unit pengolahan.

2. Aspek Biaya

Aspek biaya meliputi perhitungan *bill of quantity* (BOQ) dan rencana anggaran biaya (RAB) unit IPAL yang disesuaikan dengan harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2015.

4.4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran didapatkan dari hasil analisa data dan pembahasan perencanaan yang dilakukan dengan mempertimbangkan aspek teknis dan aspek biaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

HASIL PERENCANAAN

5.1 Wilayah Perencanaan

Wilayah perencanaan dipilih berdasarkan persyaratan teknis kriteria lokasi kegiatan pengelolaan air limbah skala kawasan oleh Dirjen PU Cipta Karya pada tahun 2014. Persyaratan utama yang harus diperhatikan memiliki kriteria kelayakan sebagai berikut :

1. Lokasi yang berada di kawasan permukiman padat penduduk (≥ 100 jiwa/Ha).
2. Tersedia lahan yang cukup dengan luas minimal 100 m² untuk satu unit bangunan IPAL.
3. Terdaftar dalam administrasi pemerintahan (legal) dengan cakupan 50 – 100 KK/RT/RW/Lingkungan.
4. Tersedia sumber air (PDAM/sumur gali/mata air)
5. Terdapat saluran untuk menampung *effluent* air limbah (saluran drainase/riol kota/sungai).

Berdasarkan kriteria teknis dan data kepadatan penduduk yang tertera pada Tabel 3.1, maka ditetapkan untuk perencanaan kali ini melayani 3 kelurahan dari total 6 kelurahan di Kecamatan Rungkut yang memiliki tingkat kepadatan penduduk tertinggi yaitu ≥ 100 jiwa/Ha. Kelurahan yang akan dilayani adalah Kedung Baruk, Penjaringan Sari dan Rungkut Kidul. Periode perencanaan ditetapkan selama 5 tahun sesuai dengan ketentuan dari Strategi Sanitasi Kota Surabaya (SSK) pada tahun 2012 yang menyatakan bahwa pengembangan layanan sanitasi kota harus didasari oleh pembangunan sanitasi jangka menengah (3 – 5 tahun) yang komperhensif dan bersifat strategis.

5.2 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan dengan periode perencanaan selama 5 tahun terhitung dari tahun 2016 hingga 2020. Data sekunder kependudukan di Kecamatan Rungkut didapat sebanyak 7 tahun kebelakang dari BPS Kota Surabaya. Jumlah penduduk yang digunakan pada perencanaan ini hanya untuk tiga kelurahan terlayani. Proyeksi penduduk perlu dilakukan karena hasil tersebut akan berpengaruh pada besarnya pemakaian air bersih dimasa mendatang, dengan harapan

hasilnya merupakan pendekatan dari hasil sebenarnya. Jumlah pemakaian air bersih akan menentukan kuantitas debit air limbah yang mengalir menuju IPAL. Kecamatan Rungkut merupakan wilayah padat dan dapat dikatakan telah jenuh sehingga laju pertumbuhan dan kematian berada pada tingkat yang sama. Penentuan proyeksi penduduk dengan kondisi daerah yang telah jenuh dapat dilakukan menggunakan metode analisa logaritmik. Jumlah penduduk Kelurahan terlayani yaitu Kedung Baruk, Penjaringan Sari dan Rungkut Kidul selama 8 tahun terhitung dari tahun 2007 hingga tahun 2014 masing-masing dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5. 1 Jumlah Penduduk Kelurahan Terlayani

| Kelurahan | Luas (Km ²) | Jumlah Penduduk (Jiwa) | | | |
|------------------|-------------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| Rungkut Kidul | 1,37 | 13.122 | 13.145 | 13.498 | 12.891 |
| Penjaringan Sari | 1,81 | 15.108 | 15.148 | 16.117 | 17.210 |
| Kedung Baruk | 1,55 | 15.124 | 15.213 | 15.624 | 15.760 |
| Jumlah | 21,02 | 43.354 | 43.506 | 45.239 | 45.861 |
| Kelurahan | Luas (Km ²) | Jumlah Penduduk (Jiwa) | | | |
| | | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Rungkut Kidul | 1,37 | 12.989 | 13.565 | 13.981 | 13.359 |
| Penjaringan Sari | 1,81 | 17.468 | 18.293 | 18.835 | 18.084 |
| Kedung Baruk | 1,55 | 15.850 | 16.511 | 16.850 | 16.032 |
| Jumlah | 21,02 | 46.307 | 48.369 | 49.666 | 47.475 |

Sumber: hasil perhitungan

Metode logaritmik mengasumsikan bahwa pada waktu tertentu jumlah penduduk akan mendekati titik kesetimbangan (*equilibrium*). Pada titik ini jumlah kelahiran dan kematian dianggap sama sehingga grafiknya mendekati konstan (*zero growth*). Proyeksi penduduk menggunakan metode logaritmik secara matematis dituliskan dengan persamaan (5.1 – 5.3)

$$y = a + b \ln x \quad (5.1)$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum (\ln x)}{n} \quad (5.2)$$

$$b = \frac{n \sum (\ln x) y - \sum (\ln x) \sum y}{n \sum (\ln x)^2 - (\sum (\ln x))^2} \quad (5.3)$$

Dimana,

y = jumlah penduduk tahun ke n

x = jumlah tahun

a, b = koefisien regresi

n = jumlah data

Hasil analisa metode logaritmik selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.2. Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 5.2 dapat diperoleh persamaan untuk menentukan proyeksi jumlah penduduk adalah sebagai berikut:

$$b = \frac{n \sum (\ln x) y - \sum (\ln x) \sum y}{n \sum (\ln x)^2 - (\sum (\ln x))^2}$$

$$= \frac{(8 \times 499.993,9) - (10,6 \times 369.777)}{(8 \times 17,52) - (10,6)^2}$$

$$= 2.837,33$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum (\ln x)}{n}$$

$$= \frac{369.777 - (2.837,33 \times 10,6)}{8}$$

$$= 42.461$$

$$y = a + b \ln x$$

$$= 42.461 + 2.837,33 \ln x$$

Data terakhir jumlah penduduk pada Kecamatan Rungkut yang didapatkan hanya sampai tahun 2014, sehingga data tersebut akan diproyeksikan hingga tahun 2020. Contoh perhitungan untuk proyeksi penduduk pada tahun ke 10 (2016) adalah sebagai berikut :

$$\text{No. data tahun 2016 (x)} = 10$$

$$y_{2016} = 42.461 + 2.837,33 \ln (x)$$

$$= 42.461 + 2.837,33 \ln (10)$$

$$= 48.994 \text{ jiwa}$$

Tabel 5. 2 Analisa Metode Logaritmik

| TAHUN | JUMLAH | LOGARITMIK | | | | | |
|--------|--------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|------------------|
| | | NO DATA TIAP TAHUN (X) | PENDUDUK TIAP TAHUN (Y) | Y^2 | $\ln(X)$ | $(\ln X)^2$ | $(\ln X)Y$ |
| 2007 | 43.354 | 1 | 43.354 | 1.879.569.316 | 0 | 0 | 0 |
| 2008 | 43.506 | 2 | 43.506 | 1.892.772.036 | 0,69 | 0,48 | 30.156,06 |
| 2009 | 45.239 | 3 | 45.239 | 2.046.567.121 | 1,10 | 1,21 | 49.700,12 |
| 2010 | 45.861 | 4 | 45.861 | 2.103.231.321 | 1,39 | 1,92 | 63.576,85 |
| 2011 | 46.307 | 5 | 46.307 | 2.144.338.249 | 1,61 | 2,59 | 74.528,24 |
| 2012 | 48.369 | 6 | 48.369 | 2.339.560.161 | 1,79 | 3,21 | 86.665,61 |
| 2013 | 49.666 | 7 | 49.666 | 2.466.711.556 | 1,95 | 3,79 | 96.645,57 |
| 2014 | 47.475 | 8 | 47.475 | 2.253.875.625 | 2,08 | 4,32 | 98.721,49 |
| JUMLAH | | 36 | 369.777 | 17.126.625.385 | 10,60 | 17,52 | 499.993,9 |

Sumber: hasil perhitungan, 2016

Proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2020 di Kelurahan Kedung Baruk, Penjaringan Sari, dan Rungkut Kidul dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Hasil Proyeksi Penduduk Kelurahan Terlayani

| Tahun | Jumlah Penduduk (Jiwa) | | | Total Penduduk |
|-------|------------------------|------------------|---------------|----------------|
| | Kedung Baruk | Penjaringan Sari | Rungkut Kidul | |
| 2014 | 16.032 | 18.084 | 13.359 | 47.475 |
| 2015 | 16.494 | 18.690 | 13.512 | 48.695 |
| 2016 | 16.569 | 18.890 | 13.535 | 48.994 |
| 2017 | 16.637 | 19.071 | 13.556 | 49.265 |
| 2018 | 16.700 | 19.237 | 13.575 | 49.512 |
| 2019 | 16.757 | 19.389 | 13.593 | 49.739 |
| 2020 | 16.810 | 19.530 | 13.609 | 49.949 |

Berdasarkan data jumlah penduduk yang telah didapat dari BPS Kota Surabaya ditambahkan hasil dari proyeksi, diketahui bahwa total pertumbuhan penduduk pada rentang tahun 2007 – 2020 adalah 6.595 jiwa dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 471 jiwa pertahunnya. Sehingga diketahui bahwa Kecamatan Rungkut khususnya pada Kelurahan Kedung Baruk, Penjaringan Sari dan Rungkut Kidul mengalami rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 1,12% pertahunnya.

5.3 Analisa Hasil Kuisioner dan Wawancara

Kuantitas pemakaian air bersih masyarakat didapat dengan mengumpulkan nomor rekening pelanggan PDAM berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus slovin yaitu sebanyak 99 responden di Kecamatan Rungkut. Responden dipilih secara acak dengan asumsi 1 responden mewakili 1 KK. Total 99 responden tersebut disebarkan dengan rincian 28 sampel dari Kelurahan Rungkut Kidul, 37 sampel dari Kelurahan Penjaringan Sari, serta 33 sampel dari Kelurahan Kedung Baruk. Langkah selanjutnya adalah mencari debit pemakaian air untuk masing-masing nomor pelanggan melalui *website* PDAM Kota Surabaya. Data debit air bersih yang terkumpul selanjutnya dirata-rata sehingga didapat debit yaitu sebesar 26,1 m³ per bulan. Pada perencanaan kali ini digunakan asumsi 1 KK terdiri dari 5 orang. Debit rata-rata pemakaian tiap orang adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah pemakai} &= 5 \text{ orang/KK} \\
 \text{Debit air bersih} &= 26,1 \text{ m}^3/\text{bulan.KK} \\
 &= 870 \text{ L/hari} \\
 &= 174 \text{ L/org.hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Supriyanto (2014), 80% dari pemakaian air bersih akan berubah menjadi air limbah dan 75% dari total air limbah tersebut merupakan *greywater*. Pelayanan perencanaan ini difokuskan hanya pada air limbah jenis *greywater* sehingga didapat perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air bersih} &= 174 \text{ L/org.hari} \\
 \text{Debit air limbah} &= 80\% \times \text{Debit air bersih} \\
 &= 139,2 \text{ L/org.hari} \\
 \text{Debit greywater} &= 75\% \times \text{Total debit air limbah} \\
 &= 104,4 \text{ L/org.hari}
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan kali ini digunakan debit air limbah untuk *greywater* dengan besar 104,4 L/org.hari atau dapat dikatakan sebesar 60% dari pemakaian air bersih. IPAL yang direncanakan merupakan tipikal untuk 100 KK dengan asumsi 1 KK terdiri dari 5 orang. Jumlah penduduk terlayani oleh tiap unit IPAL sebanyak 500 orang sehingga debit rata-rata (Qave) yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Qave} &= \text{debit per orang} \times \text{jumlah orang} \\
 &= 104,4 \text{ L/org.hari} \times 500 \text{ orang} \\
 &= 52200 \text{ L/hari} \\
 &= 52,2 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

5.4 Analisa Hasil Laboratorium

Kualitas dan karakteristik air limbah merupakan data primer hasil analisa di laboratorium. Sampel air limbah diambil sesuai dengan metode yang telah dijelaskan pada Bab 4. Seluruh hasil analisa akan dirata-rata dengan asumsi telah mewakili dan mendekati keadaan sebenarnya. Hasil uji kualitas air limbah jenis *greywater* di Kecamatan Rungkut tertera pada Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Kualitas Air Limbah Greywater di Kecamatan Rungkut

| PARAMETER | NILAI | BAKU MUTU* |
|-----------|-------------|------------|
| TSS | 247,50 mg/L | 50 |
| COD | 553,73 mg/L | 50 |
| BOD | 244,82 mg/L | 30 |
| pH | 7,09 | 6 - 9 |

Sumber: Analisa Laboratorium, 2016

Kualitas air limbah seperti yang tertera pada Tabel 5.4 selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu yang tertera pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013. Terlihat bahwa karakteristik air limbah untuk parameter TSS, COD, dan BOD masih melampaui baku mutu yang tersedia.

5.5 Perbandingan Alternatif Pengolahan Air Limbah

Setiap teknologi pengolahan air limbah pasti memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing. Pada perencanaan kali ini, dibuat matriks perbandingan untuk menentukan teknologi yang paling tepat dalam mengolah *greywater* di Kecamatan Rungkut. Perbandingan ini didasarkan pada aspek teknis namun juga tidak melupakan aspek finansial dan kemudahan dalam pengoperasian, karena nantinya IPAL akan diserahkan kepada masyarakat. Matriks perbandingan teknologi pengolahan air limbah tertera pada Tabel 5.5

Alternatif pengolahan yang tersedia terdiri dari *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), *Anaerobic Filter* (AF), Kolam Aerasi, dan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). Berdasarkan aspek kebutuhan lahan, penggunaan kolam aerasi tidak memungkinkan karena membutuhkan lahan yang luas sedangkan lahan yang tersedia terbatas. Berdasarkan aspek biaya, pemakaian UASB dan kolam aerasi membutuhkan biaya cukup tinggi karena faktor pengoperasian pompa atau aerator menggunakan tambahan energi listrik. *Anaerobic Filter* memiliki kekurangan pada perawatan dimana perlu dilakukan pembersihan media secara berkala untuk menghindari *clogging* selain melakukan pengurasan. Perencanaan kali ini ditetapkan menggunakan unit *Anaerobic Baffled Reactor* dengan pertimbangan kemudahan dalam operasional dan perawatan, tidak membutuhkan lahan yang luas yaitu 60 m² untuk ABR tipikal 50 KK, serta biaya pembangunan yang rendah (PU, 2012).

Tabel 5. 5 Matriks Perbandingan Teknologi Pengolah Air Limbah

| PARAMETER | JENIS PENGOLAHAN | |
|-----------------|--|---|
| | Anaerobic Baffled Reactor | Anaerobic Filter |
| Pemeliharaan | Pengurasan lumpur minimal dilakukan 2-3 tahun sekali ⁵⁾ | Perlu pembersihan filter secara berkala |
| Efisiensi | 70 - 95% BOD ¹⁾ 80 - 90% TSS ¹⁾ 65 - 90% COD ¹⁾ HRT 2 - 3 hari ⁴⁾ | 50 - 90%BOD ⁴⁾ 50 - 80% TSS ²⁾ 60 - 80% COD ⁶⁾ HRT 0,5 - 1,5 hari ⁴⁾ |
| Biaya | Rendah | Rendah |
| Kebutuhan Lahan | Moderat | Moderat |
| Kelebihan | Tahan terhadap fluktuasi beban hidrolis dan organik, Produksi lumpur sedikit dan stabil ⁴⁾ | Penurunan zat organik tinggi, produksi lumpur relatif sedikit |
| Kekurangan | Fase start up lama ± 3 bulan ⁵⁾ | Fase start up lama, rentan terhadap clogging |

Sumber:

- 1) Sasse, 1998 3) WSP, 2007 5) Soedjono dkk., 2010 7) Conradin dkk., 2010 9) PU, 2012
 2) Morel dan Diener, 2006 4) Tilley, 2014 6) Qasim, 1985 8) Nguyen dkk., 2007 10) US EPA, 2002

Lanjutan Tabel 5.5 Matriks Perbandingan Teknologi Pengolah Air Limbah

| PARAMETER | JENIS PENGOLAHAN | |
|-----------------|--|--|
| | Kolam Aerasi | UASB |
| Pemeliharaan | Pengurasan lumpur dilakukan 2-5 tahun sekali, perawatan aerator | Perawatan pompa dan kontrol <i>organic loading</i> dibutuhkan |
| Efisiensi | 50 - 95% BOD ¹⁰⁾ 30 - 40% TSS ⁹⁾ HRT 3 - 20 hari ⁴⁾ | 60 - 90% BOD ⁷⁾ 60 - 85% TSS ⁷⁾ 80 - 90% COD ⁴⁾ HRT 4 - 20 Jam |
| Biaya | Tinggi | Tinggi |
| Kebutuhan Lahan | Luas | Kecil |
| Kelebihan | Tahan terhadap shock loading, reduksi tinggi terhadap bakteri patogen | Removal tinggi terhadap bahan organik, produksi lumpur rendah |
| Kekurangan | Memerlukan energi yang besar dan skill dalam pengoperasian | Membutuhkan energi listrik, skill dalam pengoperasian, serta sensitif terhadap fluktuasi debit |

Sumber:

- 1) Sasse, 1998 3) WSP, 2007 5) Soedjono dkk., 2010 7) Conradin dkk., 2010 9) PU, 2012
 2) Morel dan Diener, 2006 4) Tilley, 2014 6) Qasim, 1985 8) Nguyen dkk., 2007 10) US EPA, 2002

5.6 Perhitungan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Instalasi pengolahan yang digunakan adalah unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Perhitungan dimensi ABR akan dibagi menjadi 2 tahap yaitu, zona pengendapan dan zona kompartemen. Perhitungan dimensi ABR didasarkan pada rumus praktis yang tertera pada bab 10.2.6 dalam buku *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries* oleh Ludwig Sasse (2009). Perhitungan ABR selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6. Berikut ini merupakan contoh perhitungan unit pengolahan ABR.

Karakteristik air limbah yang akan diolah:

| | |
|---------|-----------------------------|
| Qave | = 52,2 m ³ /hari |
| BOD inf | = 244,82 mg/L |
| COD inf | = 553,73 mg/L |
| TSS inf | = 247,50 mg/L |

5.5.1 Perhitungan Unit ABR

Direncanakan:

| | |
|---------------------|-------------|
| Suhu pengolahan | = 30°C |
| Pengurasan lumpur | = 24 bulan |
| Td tangki pengendap | = 3 jam |
| Rasio SS/COD | = 0,42 |
| Kedalaman | = 2 m |
| Jumlah Kompartemen | = 6 buah |
| Vup | = 1,5 m/jam |

- 1) Pengolahan ABR dioperasikan secara kontinyu sehingga pengaliran dilakukan selama 24 jam. Debit per jam yang masuk ke dalam unit pengolahan adalah

$$\begin{aligned} Q \text{ per jam} &= \frac{Q \text{ ave}}{\text{Waktu pengaliran}} \\ &= \frac{52,2 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} \\ &= 2,2 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

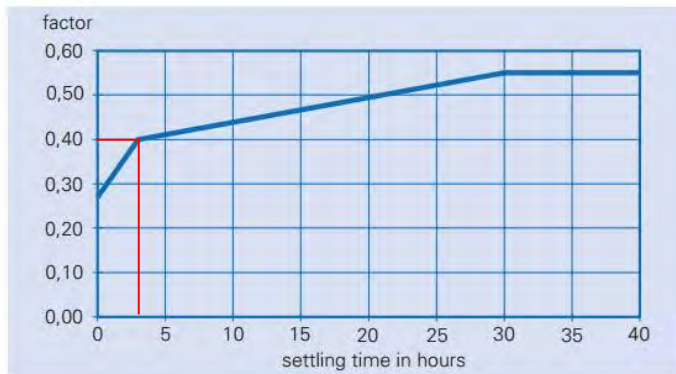
- 2) Perhitungan faktor removal COD, BOD dan TSS di zona pengendapan.

Langkah pertama untuk menentukan efisiensi removal pada zona pengendapan ABR adalah dengan menentukan faktor removal COD dan BOD. Faktor removal COD didapatkan dengan menarik garis pada grafik removal COD yang tertera pada Gambar 5.1. Waktu tinggal direncanakan selama 3 jam sehingga didapatkan faktor removal COD sebesar 0,40.

Perkiraan presentase removal COD

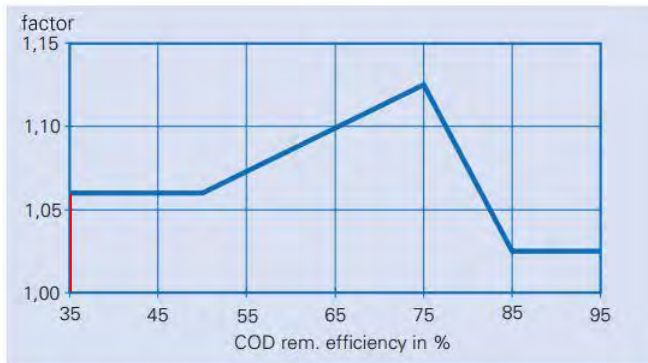
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{rasio SS/COD}}{0,6} \times \text{faktor removal} \\
 &= \frac{0,42}{0,6} \times 0,40 \\
 &= 28\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluent} &= (1 - 28\%) \times 553,73 \text{ mg/L} \\
 &= 398,69 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 1 Removal COD pada Tangki Pengendap
Sumber: Sasse, 2009

Presentase removal BOD dapat ditentukan dengan mengetahui faktor removal BOD. Faktor removal BOD didapat melalui grafik hubungan antara efisiensi removal COD dengan faktor BOD/COD seperti yang tertera pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Rasio Efisiensi Removal BOD terhadap Efisiensi Removal COD

Sumber: Sasse, 2009

Presentase removal COD diketahui sebesar 28%, sehingga didapatkan faktor removal BOD adalah 1,06. Efisiensi pengolahan BOD selanjutnya dapat dicari melalui persamaan berikut:

Perkiraan presentase removal BOD

$$= \text{Faktor penyisihan BOD5/COD} \times \text{penyisihan COD}$$

$$= 1,06 \times 28\%$$

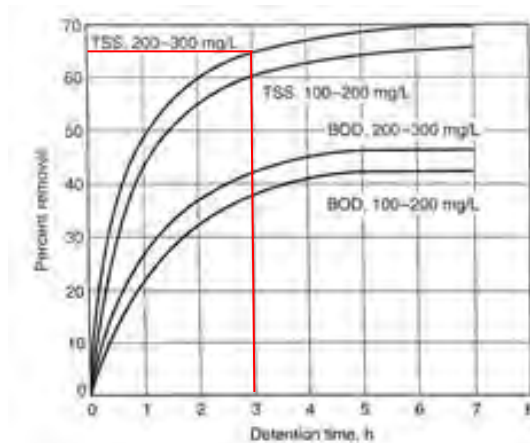
$$= 30\%$$

$$\begin{aligned} \text{BOD eff} &= (1 - 30\%) \times 244,82 \text{ mg/L} \\ &= 172,2 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Pada zona pengendapan terjadi proses removal terhadap TSS. Presentase removal TSS pada tangki pengendapan didapat melalui grafik pada Gambar 5.3. Waktu tinggal direncanakan selama 3 jam sehingga didapatkan presentase removal TSS sebesar 65%.

$$\text{TSS teromoval} = 65\% \times 247,50 \text{ mg/L} = 160,88 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{TSS eff} &= \text{TSS in} - \text{TSS rem} \\ &= 247,50 \text{ mg/L} - 160,88 \text{ mg/L} \\ &= 86,6 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



Gambar 5. 3 Presentase Removal TSS dan BOD
Sumber: Tchobanoglous dkk., 2003

- 3) Kedalaman ABR ditetapkan sebesar 2 m. Nilai kedalaman tersebut dapat menentukan besarnya panjang per kompartemen. Panjang per kompartemen diketahui memiliki rentang antara 50 – 60% dari kedalaman. Didapatkan panjang per kompartemen adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P \text{ Kompartemen} &= 60\% \text{ Kedalaman} \\ &= 60\% \times 2 \text{ m} \\ &= 1,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang kompartemen diusahakan tidak lebih dari 60% kedalaman dengan alasan air limbah yang masuk harus terdistribusi secara merata sesegera mungkin, yaitu dengan cara memperpendek jarak perkompartemen.

- 4) $\text{Luas Kompartemen} = Q \text{ per jam} / V_{up}$
 $= 2,2 \text{ m}^3/\text{jam} / 1,5 \text{ m/jam}$
 $= 1,45 \text{ m}^2$
- 5) $\text{Lebar kompartemen} = \text{Luas Kompartemen} / P \text{ kompartemen}$
 $= 1,45 \text{ m}^2 / 1,2 \text{ m}$
 $= 1,21 \text{ m}$

Berdasarkan Tabel 5.6 telah ditentukan bahwa lebar bak pengendap sebesar 2 m, sehingga lebar kompartemen dipilih mengikuti bak pengendap yaitu 2 m.

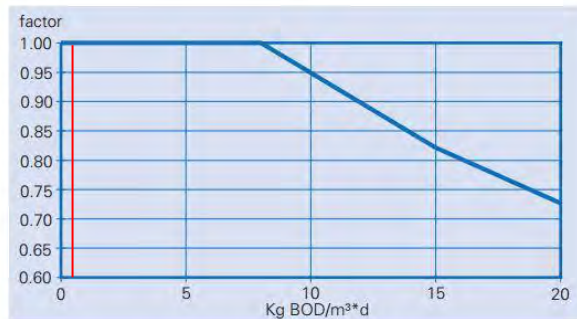
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel 5. 6 Perhitungan Unit Pengolahan ABR

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------|--|--|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Debit air limbah | Waktu pengaliran air limbah | Aliran maksimum per jam | COD inflow | BOD5 inflow | COD/BOD rasio | settleable SS/COD rasio | Temperature minimal | Waktu pengurasan | HRT di settler | Removal COD di settler |
| Rata-rata | diketahui | max | diketahui | diketahui | dihitung | diketahui | diketahui | dipilih | dipilih | dihitung |
| m ³ /hari | jam | m ³ /jam | mg/l | mg/l | rasio | mg/l | °C | bulan | jam | % |
| 52,2 | 24 | 2,2 | 553,73 | 244,82 | 2,3 | 0,42 | 30 | 24 | 3 | 28% |
| | | | COD/BOD → | | | 0,35 – 0,45 | | | | |
| Data Pengolahan | | | | | | | | | | |
| Removal BOD di settler | Influent pada baffled reactor | | COD/BOD5 rasio setelah settler | Faktor untuk menghitung removal COD pada baffled reactor | | | COD rem. 25°C, COD 1500 | Removal teoritis | Removal COD di kompartemen | COD out |
| dihitung | COD | BOD5 | dihitung | Dihitung berdasarkan grafik | | | | dihitung | dihitung | dihitung |
| % | mg/l | mg/l | mg/l/mg/l | f-overload | f-strength | f-temp | f HRT% | % | % | mg/l |
| 30% | 398,69 | 172,2 | 2,32 | 1 | 0,90 | 1,1 | 0,85 | 84,9% | 90% | 39,9 |
| 1,06 | ← COD/BOD rem. Factor | | | | COD/BOD rem factor → | | | | | 1,025 |
| Dimensi settler | | | | | | | | ABR | | |
| Removal COD total | Removal BOD total | BOD5 out | Diperlukan penentuan dimensi untuk mendapat volume | | Laju akumulasi lumpur | panjang settler | panjang settler | Kecepatan <i>upflow</i> maks | Jumlah kompartemen | kedalaman |
| dihitung | dihitung | dihitung | lebar | kedalaman | dihitung | dihitung | dipilih | dipilih | dipilih | dipilih |
| % | % | mg/l | m | m | l/g COD | m | m | m/jam | no. | m |
| 93% | 95% | 11,9 | 2 | 2 | 0,0033 | 3,9 | 4 | 1,5 | 6 | 2 |
| Dimensi Kompartemen | | | | | | | | | | |
| Panjang kompartemen | | area satu kompartemen | Lebar kompartemen | | Kecepatan <i>upflow</i> aktual | lebar downflow shaft | Volume aktual ABR | Total HRT aktual | org load (BOD5) | biogas |
| dihitung | dipilih | dihitung | dihitung | dipilih | dihitung | dipilih | dihitung | dihitung | dihitung | dihitung |
| m | m | m ² | m | m | m/jam | m | m ³ | jam | kg/m ³ .hari | m ³ /hari |
| 1,2 | 1,2 | 1,45 | 1,21 | 2 | 0,9 | 0 | 28,8 | 13 | 0,31 | 6,71 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

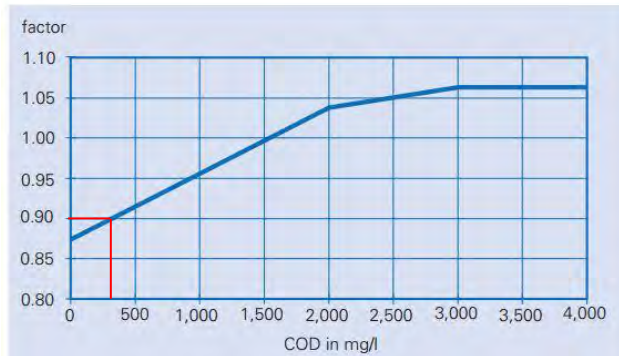
- 6) Berdasarkan Tabel 5.6 penentuan volume pengendapan pada ABR didapat dengan memilih terlebih dahulu nilai lebar dan kedalaman unit. Nilai tersebut dapat disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Pada perencanaan kali ini ditetapkan lebar dan kedalaman unit ABR sebesar 2 m, dan selanjutnya dimasukkan kedalam formula excel sehingga didapatkan panjang dimensi bak pengendap sebesar 4 m. Desain denah, tampak, potongan melintang dan potongan memanjang ABR dapat dilihat pada Lampiran 2.
- 7) Perhitungan efisiensi ABR
- Penentuan efisiensi removal COD pada unit ABR ditinjau dari beberapa faktor, diantaranya faktor OLR, faktor *strength*, faktor suhu, dan faktor HRT.
- a. Faktor OLR
- Faktor Organic Loading Rate didapatkan melalui grafik hubungan antara banyaknya laju beban organik BOD (OLR) yang harus diolah dengan faktor overload pada Gambar 5.4. Laju BOD yang masuk kedalam ABR adalah $0,31 \text{ Kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$ sehingga diketahui nilai faktor OLR adalah 1.



Gambar 5. 4 Faktor OLR *Anaerobic Baffled Reactor*
Sumber: Sasse, 2009

- b. Faktor *Strength*
- Faktor *strength* merupakan faktor kualitas COD air limbah yang masuk kedalam unit ABR. Faktor ini didapat dengan menarik garis hubungan antara garis absis yang merupakan konsentrasi COD in dengan garis ordinat

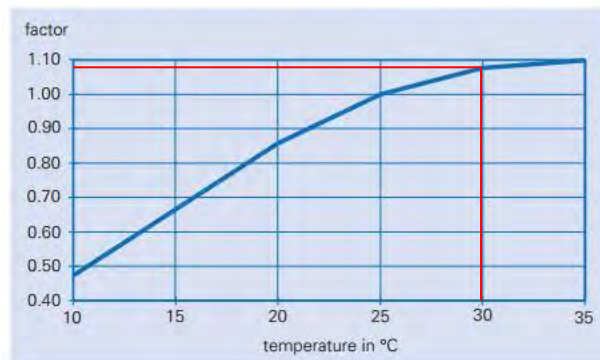
yang merupakan faktor strength. Penentuan faktor menggunakan Gambar 5.5. Konsentrasi COD yang masuk dalam unit ABR adalah 398,69 mg/L. Faktor strength diketahui sebesar 0,9.



Gambar 5. 5 Faktor Karakteristik Air Limbah ABR
Sumber: Sasse, 2009

c. Faktor Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang menentukan efisiensi removal pada unit ABR. Faktor suhu didapat melalui grafik yang tertera pada Gambar 5.6. Suhu minimal pada reaktor ditetapkan sebesar 30°C. Faktor suhu didapatkan dengan nilai 1,1.



Gambar 5. 6 Faktor Suhu *Anaerobic Baffled Reactor*
Sumber: Sasse, 2009

d. Faktor HRT

Faktor HRT didasarkan pada lamanya waktu tinggal air limbah di dalam ABR yaitu selama 13 jam. Nilai HRT akan berpengaruh terhadap prosentase optimal removal zat organik, dimana semakin lama HRT yang direncanakan maka akan semakin besar prosentase removal pada unit ABR. Faktor HRT ditentukan menggunakan Gambar 5.7, sehingga didapat nilai faktor yaitu 0,85.



Gambar 5. 7 Faktor HRT
Sumber: Sasse, 2009

Nilai prosentase efisiensi removal COD secara teoritis pada ABR dapat dihitung setelah mendapatkan masing-masing nilai faktor diatas dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{COD rem} &= f\text{-OLR} \times f\text{-strength} \times f\text{-suhu} \times f\text{-HRT} \\ &= 1 \times 0,90 \times 1,1 \times 0,85 \\ &= 85,39\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perkiraan removal COD} &= 85,39\% \times ((6 \text{ kompartemen} \times 0,04) + 0,82) \\ &= 90\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD eff} &= (1 - 90\%) \times 398,69 \text{ mg/L} \\ &= 39,9 \text{ mg/L (OK! Baku mutu 50 mg/L)}\end{aligned}$$

Perkiraan removal COD Total

$$= \frac{\text{COD inf} - \text{COD eff}}{\text{COD inf}} \times 100\%$$

$$= \frac{(553,73 \text{ mg/l} - 39,9 \text{ mg/l})}{39,9 \text{ mg/l}} \times 100\% = 93\%$$

Setelah mendapat efisiensi total removal untuk COD, dapat dicari efisiensi removal BOD dengan menggunakan grafik rasio BOD/COD pada Gambar 5.8 dan didapat nilai rasio sebesar 1,025.

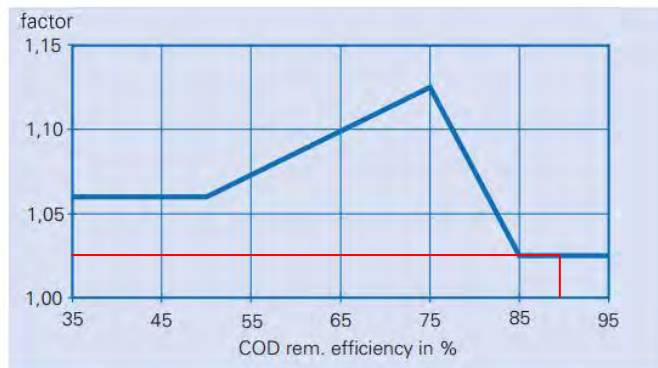
Perkiraan removal BOD total

$$= 1,025 \times 93\%$$

$$= 95\%$$

$$\text{BOD eff} = (1 - 95\%) \times 172,2 \text{ mg/L}$$

$$= 11,9 \text{ mg/L (OK! Baku mutu 30 mg/L)}$$



Gambar 5. 8 Rasio COD/BOD

Sumber: Sasse, 2009

8) Cek Kecepatan *Upflow*, HRT dan OLR

Cek Kecepatan *upflow*

$$= \frac{\text{Debit air limbah}}{\text{Panjang komp.} \times \text{Lebar komp.}}$$

$$= \frac{2,2 \text{ m}^3/\text{jam}}{1,2 \times 2}$$

$$= 0,9 \text{ m/jam (OK! Kec. Upflow} < 2 \text{ m/jam)}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek HRT} &= \frac{\text{Vol. ABR}}{Q} \\ &= \frac{28,8 \text{ m}^3}{2,2 \text{ m}^3/\text{jam}} = 13 \text{ jam (OK! HRT} \geq 8 \text{ jam)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek OLR} &= \frac{\text{Debit air limbah} \times \text{Konsentrasi COD}}{\text{Volume ABR}} \\ &= \frac{2,2 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times \left(\frac{398,69}{1000} \right) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{28,8 \text{ m}^3} \\ &= 0,72 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari (OK! OLR} < 3 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari)}\end{aligned}$$

9) Cek OLR terhadap Qpeak

Perlu dilakukan cek OLR terhadap debit peak dengan tujuan untuk mengetahui apakah ABR dengan volume yang sama tersebut mampu menampung dan mengolah beban ketika jam puncak terjadi.

Diketahui :

$$\begin{aligned}fp &= \frac{5}{p^{0,2}}, \text{ dimana P adalah penduduk terlayani} \\ &= \frac{5}{(500)^{0,2}} \\ &= 1,44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{\text{peak}} &= Q_{\text{ave}} \times fp \\ &= 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,44 \\ &= 75,3 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek OLR} &= \frac{\text{Debit air limbah} \times \text{Konsentrasi COD}}{\text{Volume ABR}} \\ &= \frac{75,3 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \left(\frac{398,69}{1000} \right) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{28,8 \text{ m}^3} \\ &= 1,04 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari (OK! OLR} < 3 \text{ Kg/m}^3 \cdot \text{hari)}\end{aligned}$$

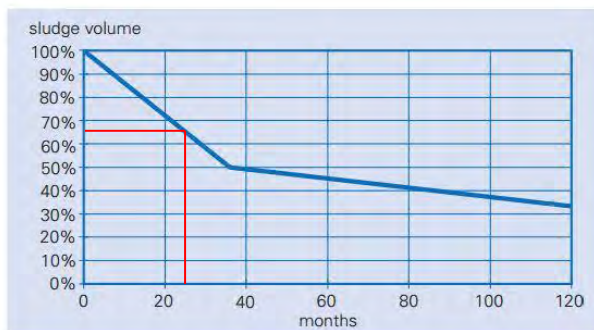
Nilai OLR didapatkan sebesar 1,04 Kg/m³.hari diketahui masih memenuhi nilai kriteria desain, sehingga dapat disimpulkan bahwa ABR masih mampu menampung dan mengolah beban dengan baik pada saat debit puncak terjadi.

5.5.2 Perhitungan Volume Lumpur ABR

a. Perhitungan Volume dan Tinggi Lumpur Ruang Pengendapan

Ruang pengendapan pada ABR selain berfungsi untuk meremoval zat organik pada tahap pendahuluan, juga sebagai

tempat pengendapan lumpur. Selama masa penyimpanan, lumpur yang mengendap akan mengalami proses pemadatan atau reduksi volume. Penurunan volume lumpur dapat ditentukan melalui grafik yang tertera pada Gambar 5.9. Berdasarkan Tabel 5.6 bak pengendap memiliki dimensi dengan panjang 4 m dan lebar 2 m, maka didapatkan luas permukaan bak sebesar 8 m².



Gambar 5. 9 Reduksi Volume Lumpur selama Masa Penyimpanan

Sumber: Sasse, 2009

Masa penyimpanan direncanakan selama 2 tahun sehingga diketahui volume lumpur akan mengalami reduksi sebesar 66%. Lumpur yang mengendap berasal dari massa TSS yang teremoval. Lumpur mengandung kadar solid sebesar 5% (Sasse, 2009). Perhitungan volume lumpur dapat dilakukan melalui persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Massa TSS} &= \text{TSS teremoval} \times Q_{\text{ave}} \\
 &= 160,88 \text{ mg/L} \times 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^{-3} \\
 &= 8,4 \text{ Kg/hari} \\
 \text{Massa Lumpur} &= \text{Massa TSS} \times \text{Periode pengurasan} \times (100\% - \% \text{Reduksi Lumpur}) \\
 &= 8,4 \text{ Kg/hari} \times (2 \times 365) \times (100\% - 66\%) \\
 &= 2059,78 \text{ Kg/ 2thn} \\
 \text{Densitas Lumpur} &= \frac{(\% \text{ Solid} \times \rho_{\text{solid}}) + (\% \text{ air} \times \rho_{\text{air}})}{100\%} \\
 &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%} \\
 &= 1,08 \text{ Kg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Lumpur} &= \text{massa lumpur} / \text{densitas lumpur} \\
 &= 2059,78 \text{ Kg} / 1,08 \text{ Kg/L} \\
 &= 1903 \text{ L} \\
 &= 1,9 \text{ m}^3 \\
 \text{H Lumpur} &= \text{Vol lumpur} / \text{Asurface} \\
 &= 1,9 \text{ m}^3 / 8 \text{ m}^2 = 0,24 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Volume dan Tinggi Lumpur tiap Kompartemen

Perhitungan lumpur tiap kompartemen memiliki langkah yang sama dengan perhitungan lumpur pada zona pengendapan. HRT pada kompartemen total ABR adalah 13 jam. Jumlah kompartemen sebanyak 6 buah, sehingga untuk setiap kompartemen memiliki HRT selama 2,1 jam. Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3 didapat presentase removal TSS sebesar 55%. Berikut ini merupakan contoh perhitungan produksi lumpur pada kompartemen 1.

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 Q &= 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Waktu pengurasan} &= 2 \text{ Tahun} \\
 \text{Kadar solid lumpur} &= 5\% \text{ (Sasse, 2009)} \\
 \text{Asurface komp.} &= 2,4 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

TSS teremoval Kompartemen 1:

$$\begin{aligned}
 \text{TSS influen} &= \text{TSS effluent zona pengendap} \\
 &= 86,6 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS teremoval} &= 55\% \times 86,6 \text{ mg/L} = 47,6 \text{ mg/L} \\
 \text{TSS effluent} &= \text{TSS in} - \text{TSS rem} \\
 &= 86,6 \text{ mg/L} - 47,6 \text{ mg/L} \\
 &= 38,98 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 Y (0,4 - 0,6) &= 0,4 \text{ g biomassa} / \text{g substrat} \\
 K_d &= 0,06/\text{hari} \text{ (Tchobanoglous dkk., 2003)} \\
 \theta_c &= 10 \text{ hari} \text{ (Tchobanoglous dkk., 2003)} \\
 S_o - S_e &= \text{TSSin} - \text{TSSeff} \\
 &= 86,6 \text{ mg/L} - 38,98 \text{ mg/L} \\
 &= 47,6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{obs}} &= \frac{Y}{(1 + K_d \times \theta_c)} \\
 &= \frac{0,4}{(1 + 0,06 \times 10)} = 0,25 \\
 P_x \text{ MLVSS} &= Y_{\text{obs}} \times Q \times (S_0 - S_e) \\
 &= 0,25 \times 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times 47,6 \text{ mg/L} \\
 &= 621,75 \text{ g/hari} \\
 &= 0,62 \text{ kg/hari} \\
 P_x \text{ MLSS} &= P_x \text{ MLVSS} / 0,8 \\
 &= 0,62 \text{ kg/hari} / 0,8 \\
 &= 0,78 \text{ kg/hari} \\
 \text{Massa Lumpur} &= P_x \text{ MLSS} \times \text{waktu pengurasan} \times 0,5 \\
 &= 0,78 \text{ kg/hari} \times (2 \times 365 \text{ hari}) \times 0,5 \\
 &= 283,67 \text{ kg/ 2thn} \\
 \text{Densitas Lumpur} &= \frac{(\% \text{ Solid} \times \rho_{\text{solid}}) + (\% \text{ air} \times \rho_{\text{air}})}{100\%} \\
 &= \frac{(5\% \times 2,65) + (95\% \times 1)}{100\%} \\
 &= 1,08 \text{ kg/L} \\
 \text{Volume Lumpur} &= \text{massa lumpur} / \text{densitas lumpur} \\
 &= 283,67 \text{ kg/2th} / 1,08 \text{ kg/L} \\
 &= 262 \text{ L} \\
 &= 0,26 \text{ m}^3 \\
 \text{H Lumpur} &= \text{Vol lumpur} / A_{\text{surface}} \\
 &= 0,26 \text{ m}^3 / 2,4 \text{ m}^2 \\
 &= 0,11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tinggi lumpur untuk masing-masing kompartemen dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5. 7 Tinggi Lumpur per Kompartemen

| PERHITUNGAN | Satuan | Kompartemen | | |
|-----------------|----------|-------------|--------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| TSS influen | mg/L | 86.63 | 38.98 | 17.54 |
| TSS teremoval | mg/L | 47.6 | 21.4 | 9.6 |
| TSS effluent | mg/L | 38.98 | 17.54 | 7.89 |
| Massa Lumpur | kg/2 thn | 283.67 | 127.65 | 57.44 |
| Densitas Lumpur | kg/L | 1.08 | 1.08 | 1.08 |

| PERHITUNGAN | Satuan | Kompartemen | | |
|-----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Volume Lumpur | m ³ | 0.26 | 0.12 | 0.05 |
| Asurface | m ² | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| H Lumpur | m | 0.11 | 0.05 | 0.02 |
| PERHITUNGAN | Satuan | Kompartemen | | |
| | | 4 | 5 | 6 |
| TSS influen | mg/L | 7.89 | 3.55 | 1.60 |
| TSS teremoval | mg/L | 4.3 | 2.0 | 0.9 |
| TSS effluent | mg/L | 3.55 | 1.60 | 0.72 |
| Massa Lumpur | kg/2 thn | 25.85 | 11.63 | 5.23 |
| Densitas Lumpur | kg/L | 1.08 | 1.08 | 1.08 |
| Volume Lumpur | m ³ | 0.02 | 0.01 | 0.00 |
| Asurface | m ² | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| H Lumpur | m | 0.010 | 0.004 | 0.002 |

5.5.3 Perhitungan Inlet dan Outlet Pipa

Pipa inlet dan outlet ABR menggunakan jenis PVC dan direncanakan memiliki ukuran 110 mm atau 4". Pipa PVC dengan ukuran 4" memiliki rincian outer diameter sebesar 110 mm dan inner diameter sebesar 99,4 mm. Kecepatan aliran pada pipa dihitung melalui persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 Q &= 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,000604 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Diameter} &= 0,0994 \text{ m (PVC 4")} \\
 \text{Asurface} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (0,0994)^2 \\
 &= 0,00776 \text{ m}^2 \\
 v &= Q / A \\
 &= \frac{0,000604 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,00776 \text{ m}^2} \\
 &= 0,08 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

Aliran pada pipa inlet dan outlet memiliki kecepatan sebesar 0,08 m/detik.

5.5.4 Profil Hidrolis dan Headloss Pipa

Tugas akhir ini tidak merencanakan sistem penyaluran air limbah (SPAL) dengan asumsi sebelum memasuki IPAL, air limbah akan dikumpulkan pada sumur pengumpul untuk selanjutnya dipompa menuju IPAL. Profil hidrolis berfungsi untuk mengetahui apakah air limbah di dalam unit IPAL yang diletakkan rata dengan permukaan tanah dapat mengalir secara gravitasi. Berdasarkan hasil survei di lapangan, didapatkan data bahwa jarak rata-rata pipa outlet rumah warga dengan muka tanah adalah 20 cm. Elevasi rata-rata pada Kelurahan Kedung Baruk adalah $\pm 4,35$ m; pada Kelurahan Penjaringan Sari sebesar $\pm 4,47$ m; dan pada Kelurahan Rungkut Kidul sebesar $\pm 6,21$ m. *Effluent* dari ABR akan disalurkan pada saluran drainase dengan rata-rata kedalaman 60 – 120 cm dari muka tanah. Kedalaman muka air di dalam ABR direncanakan setinggi 45 cm dari muka tanah, sehingga dapat diketahui bahwa air dapat mengalir secara gravitasi (profil hidrolis dapat dilihat pada Lampiran 2.3). Profil hidrolis didalam unit ABR dipengaruhi oleh headloss pipa.

ABR memiliki konsep pengaliran “up-flow” sehingga direncanakan pemasangan 3 buah pipa PVC dengan ukuran 3” pada setiap kompartemen. Pipa PVC dengan ukuran 3” memiliki rincian outer diameter sebesar 90 mm dan inner diameter sebesar 81,4 mm. Sebelum menghitung headloss pipa, perlu diketahui kecepatan aliran dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Pipa} &= 3 \text{ buah} \\
 \text{Jumlah Komp.} &= 6 \text{ buah} \\
 Q &= 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,000604 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 Q \text{ tiap pipa} &= \frac{0,000604 \text{ m}^3/\text{detik}}{3} \\
 &= 0,000201 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Diameter} &= 0,0814 \text{ m (PVC 3")} \\
 A_{\text{surface}} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (0,0814)^2 \\
 &= 0,00520 \text{ m}^2 \\
 v &= Q / A \\
 &= \frac{0,000201 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,00520 \text{ m}^2} = 0,04 \text{ m/detik}
 \end{aligned}$$

Direncanakan panjang pipa sebesar 2,42 m (Gambar 5.10) dengan koefisien kekasaran pipa PVC adalah 150 (Gupta, 1989). Perhitungan headloss pipa untuk setiap kompartemen menggunakan rumus Hazen William dengan persamaan berikut:

- Headloss Mayor

$$\begin{aligned} H_f \text{ Mayor} &= \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{0,000201 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,2785 \times 150 \times (0,0814 \text{ m})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 2,42 \text{ m} \\ &= 0,000070 \text{ m} \end{aligned}$$

- Headloss Minor
Head Kecepatan (Hv)

$$\begin{aligned} H_v &= \frac{v^2}{2g} \\ &= \frac{(0,04 \text{ m/detik})^2}{2(9,81 \text{ m/detik}^2)} = 0,0008 \text{ m} \end{aligned}$$

Head Aksesoris

$$H_f \text{ aks} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Pipa Tee → k = 0,9, jumlah 2 buah

$$\begin{aligned} H_f &= 0,9 \times \frac{(0,04 \text{ m/detik})^2}{2(9,81 \text{ m/detik}^2)} = 0,00007 \text{ m} \\ &= 0,00007 \text{ m} \times 2 \text{ buah} \\ &= 0,00014 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa elbow 90° → k = 1,5, jumlah 1 buah

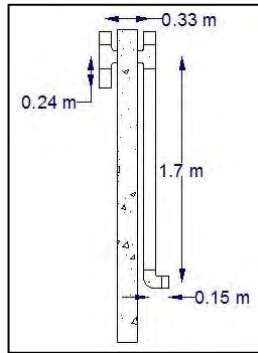
$$H_f = 0,9 \times \frac{(0,04 \text{ m/detik})^2}{2(9,81 \text{ m/detik}^2)} = 0,00011 \text{ m}$$

- Headloss Total = Headloss mayor + headloss minor

$$\begin{aligned} &= 0,00070 \text{ m} + 0,0008 \text{ m} + 0,00014 \text{ m} + \\ &\quad 0,00011 \text{ m} \\ &= 0,0004 \text{ m} \end{aligned}$$

Headloss total untuk 1 kompartemen adalah 0,0004 m sehingga untuk jumlah 6 kompartemen headloss yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned}\text{Headloss 6 Komp} &= 0,0004 \text{ m} \times 6 \text{ buah} \\ &= 0,0024 \text{ m} \\ &= 0,24 \text{ cm}\end{aligned}$$



Gambar 5. 10 Pipa Kompartemen

5.7 Perhitungan Mass Balance

Kesetimbangan massa atau *mass balance* merupakan analisa terhadap proses pengolahan yang dilakukan mulai dari proses input, proses pengolahan dan output yang dihasilkan. Prinsip hukum kekekalan massa menerangkan bahwa massa tidak dapat dibentuk atau dihilangkan, sehingga massa yang masuk harus sama atau seimbang dengan massa yang keluar dari sistem. Berikut ini merupakan perhitungan dari mass balance:

Data Perhitungan

$$Q_{ave} = 52,2 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{BOD}_{inf} = 244,82 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD}_{inf} = 553,73 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{inf} = 247,50 \text{ mg/L}$$

Inlet ABR :

$$\begin{aligned}\text{MBOD}_{inf} &= \text{BOD}_{in} \times Q_{ave} \\ &= 244,82 \text{ mg/L} / 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 52,2 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{MCOD inf} &= 12,78 \text{ Kg/hari} \\
 &= \text{COD in} \times Q_{\text{ave}} \\
 &= 553,73 \text{ mg/L} / 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 28,90 \text{ Kg/hari} \\
 \text{MTSS inf} &= \text{TSS in} \times Q_{\text{ave}} \\
 &= 553,73 \text{ mg/L} / 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 28,90 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

Zona Pengendapan :

$$\begin{aligned}
 \% \text{Removal BOD} &= 30\% \\
 \text{MBOD rem} &= \% \text{Removal BOD} \times \text{MBOD in} \\
 &= 30\% \times 12,78 \text{ Kg/hari} \\
 &= 3,79 \text{ Kg/hari} \\
 \text{MBOD eff} &= \text{MBOD in} - \text{MBOD rem} \\
 &= 12,78 \text{ Kg/hari} - 3,97 \text{ Kg/hari} \\
 &= 8,99 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Removal COD} &= 28\% \\
 \text{MCOD rem} &= \% \text{Removal COD} \times \text{MCOD in} \\
 &= 30\% \times 28,90 \text{ Kg/hari} \\
 &= 8,09 \text{ Kg/hari} \\
 \text{MCOD eff} &= \text{MCOD in} - \text{MCOD rem} \\
 &= 28,90 \text{ Kg/hari} - 8,09 \text{ Kg/hari} \\
 &= 20,81 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{Removal TSS} &= 65\% \\
 \text{MTSS rem} &= \% \text{Removal TSS} \times \text{MTSS in} \\
 &= 65\% \times 12,92 \text{ Kg/hari} \\
 &= 8,40 \text{ Kg/hari} \\
 \text{MBOD eff} &= \text{MBOD in} - \text{MBOD rem} \\
 &= 12,92 \text{ Kg/hari} - 8,40 \text{ Kg/hari} \\
 &= 4,52 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

Zona Kompartemen :

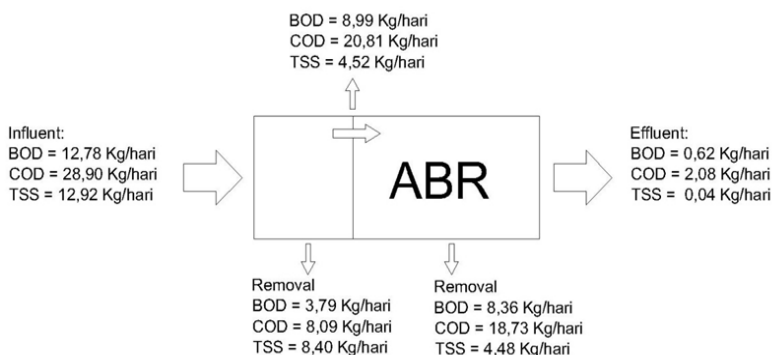
$$\begin{aligned}
 \% \text{Removal BOD} &= 93\% \\
 \text{MBOD in} &= \text{MBOD eff zona pengendapan} \\
 \text{MBOD rem} &= \% \text{Removal BOD} \times \text{MBOD in} \\
 &= 93\% \times 8,99 \text{ Kg/hari} \\
 &= 8,36 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MBOD eff} &= \text{MBOD in} - \text{MBOD rem} \\ &= 8,99 \text{ Kg/hari} - 8,36 \text{ Kg/hari} \\ &= 0,62 \text{ Kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{Removal COD} &= 90\% \\ \text{MCODin} &= \text{MCOD eff zona pengendapan} \\ \text{MCOD rem} &= \% \text{Removal COD} \times \text{MCODin} \\ &= 90\% \times 20,81 \text{ Kg/hari} \\ &= 18,73 \text{ Kg/hari} \\ \text{MCOD eff} &= \text{MCOD in} - \text{MCOD rem} \\ &= 20,81 \text{ Kg/hari} - 18,73 \text{ Kg/hari} \\ &= 2,08 \text{ Kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{Removal TSS} &= 99\% \\ \text{MTSSin} &= \text{MTSS eff zona pengendapan} \\ \text{MTSS rem} &= \% \text{Removal TSS} \times \text{TSSin} \\ &= 99\% \times 4,52 \text{ Kg/hari} \\ &= 4,48 \text{ Kg/hari} \\ \text{MBOD eff} &= \text{MBOD in} - \text{MBOD rem} \\ &= 4,52 \text{ Kg/hari} - 4,48 \text{ Kg/hari} \\ &= 0,04 \text{ Kg/hari}\end{aligned}$$

Diagram *mass balance* dapat dilihat pada Gambar 5.11



Gambar 5. 11 Mass Balance di ABR

5.8 Peletakan IPAL

Ketersediaan lahan merupakan hal yang penting untuk perencanaan IPAL. Perlu dipertimbangkannya lokasi-lokasi yang memungkinkan untuk dibangun IPAL setelah didapatkan dimensi dari unit ABR sendiri. Pada perencanaan kali ini pelayanan IPAL akan dibagi menjadi per RW. Kelurahan Kedung Baruk memiliki total 10 RW, sedangkan Kelurahan Penjaringan Sari dan Rungkut Kidul memiliki masing-masing 12 RW. Tidak seluruh RW akan dilayani dengan alasan kurangnya ketersediaan lahan serta diasumsikan perencanaan SPAL menggunakan sistem *small-bore sewer*. Sistem *small-bore sewer* sendiri diterapkan pada kawasan yang sudah jelas atau *establish* dengan tangki septik dan disarankan untuk tipe perumahan teratur (PU, 2012). Sehingga RW yang dilayani akan difokuskan pada perumahan. IPAL dapat diletakkan pada lahan kosong. Apabila tidak tersedia lahan kosong, IPAL dapat diletakkan di jalan. Wilayah di Kecamatan Rungkut sendiri memiliki 2 tipe jalan, yaitu jalan paving dan beraspal. RW yang terlayani dengan pertimbangan ketersediaan lahan dapat dilihat pada Tabel 5.8 – Tabel 5.10

Tabel 5. 8 Wilayah RW Terlayani IPAL di Kelurahan Kedung Baruk

| KEDUNG BARUK | | |
|--------------|-----------|---|
| RW | Pelayanan | Keterangan |
| 1 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2,1 m |
| 2 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2,2 m |
| 3 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2,1 m |
| 4 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2,5 m |
| 5 | Ya | Tersedia lahan kosong (35 m x 17,5 m); Lebar jalan paving 4,9 m |
| 6 | Ya | Tersedia lahan kosong (L = 5 m, P = >50 m); Lebar jalan aspal 5 m |
| 7 | Ya | Tersedia lahan kosong (42,5 m x 39 m); Lebar jalan aspal 5 m |
| 8 | Ya | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan aspal 5 m |

| KEDUNG BARUK | | |
|--------------|-----------|--|
| RW | Pelayanan | Keterangan |
| 9 | Ya | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving 5 m |
| 10 | Ya | Tersedia lahan kosong (20 m x 17,5 m); Lebar jalan aspal 5 m |

Tabel 5. 9 Wilayah RW Terlayani IPAL di Kelurahan Penjaringan Sari

| PENJARINGAN SARI | | |
|------------------|-----------|---|
| RW | Pelayanan | Keterangan |
| 1 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 3,3 m |
| 2 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2,4 m |
| 3 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2,2 m |
| 4 | Ya | Tersedia lahan kosong (138 m x 25 m); Lebar jalan paving 4,6 m |
| 5 | Ya | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving 4,6 m |
| 6 | Ya | Tersedia lahan kosong (696 m ²); Lebar jalan paving 5,3 m |
| 7 | Ya | Tersedia lahan kosong (1182 m ²); Lebar jalan aspal 5,2 m |
| 8 | Ya | Tersedia lahan kosong (22 m x 21 m); Lebar jalan paving 4,6 m |
| 9 | Ya | Tersedia lahan kosong (1458,85 m ²); Lebar jalan paving 4,5 m |
| 10 | Tidak | Rusunawa Penjaringan Sari |
| 11 | Ya | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan aspal 6 m |
| 12 | Ya | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving 6,5 m |

Tabel 5. 10 Wilayah RW Terlayani IPAL di Kelurahan Rungkut Kidul

| RUNGKUT KIDUL | | |
|---------------|-----------|---|
| RW | Pelayanan | Keterangan |
| 1 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2,9 m |

| RUNGKUT KIDUL | | |
|---------------|-----------|--|
| RW | Pelayanan | Keterangan |
| 2 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 3,2 m |
| 3 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 3 m |
| 4 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 2 m |
| 5 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 3 m |
| 6 | Tidak | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving hanya 3,2 m |
| 7 | Ya | Tersedia lahan kosong (6.469 m ²); Lebar jalan aspal 6 m |
| 8 | Ya | Tersedia lahan kosong (18 m x 12,5 m); Lebar jalan aspal 4,9 m |
| 9 | Ya | Tersedia lahan kosong (30 m x 15 m); Lebar jalan aspal 5 m |
| 10 | Ya | Tidak tersedia lahan kosong; Lebar jalan paving 6,1 m |
| 11 | Ya | Tersedia lahan kosong (88 m x 18,5 m); Lebar jalan paving 6,3 m |
| 12 | Ya | Tersedia lahan kosong (24 m x 13 m); Lebar jalan aspal 5,8 m |

Berdasarkan Tabel 5.8 – Tabel 5.10 diketahui bahwa wilayah yang dapat dibangun IPAL dengan mengacu pada ketersediaan lahan, hanya terletak pada 20 RW. Lokasi titik peletakan IPAL dapat dilihat pada Lampiran 3. Perencanaan kali ini ditetapkan untuk membuat IPAL tipikal 100 KK, maka terdapat kemungkinan bahwa didalam 1 RW akan memiliki lebih dari 1 buah IPAL bergantung pada jumlah KK. Jumlah KK pada masing-masing RW didapatkan dengan melakukan survei langsung pada aparat warga. Jumlah KK yang dilayani akan diproyeksikan hingga tahun 2020 dengan mengacu pada pertumbuhan penduduk di subbab 5.2. Jumlah KK serta kebutuhan IPAL untuk pelayanan 100% dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Jumlah KK dan Kebutuhan IPAL per RW

| KEL | RW | Jumlah KK | | | | | Jumlah IPAL |
|------------------|----|-----------|------|------|------|------|-------------|
| | | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | |
| Kedung Baruk | 5 | 289 | 292 | 296 | 299 | 302 | 3 |
| | 6 | 321 | 325 | 328 | 332 | 336 | 3 |
| | 7 | 196 | 198 | 200 | 203 | 205 | 2 |
| | 8 | 303 | 306 | 310 | 313 | 317 | 3 |
| | 9 | 106 | 107 | 108 | 110 | 111 | 1 |
| | 10 | 116 | 117 | 119 | 120 | 121 | 1 |
| Penjaringan Sari | 4 | 658 | 665 | 673 | 680 | 688 | 7 |
| | 5 | 106 | 107 | 108 | 110 | 111 | 1 |
| | 6 | 398 | 402 | 407 | 412 | 416 | 4 |
| | 7 | 277 | 280 | 283 | 286 | 290 | 3 |
| | 8 | 308 | 311 | 315 | 318 | 322 | 3 |
| | 9 | 256 | 259 | 262 | 265 | 268 | 3 |
| | 11 | 144 | 146 | 147 | 149 | 151 | 2 |
| | 12 | 160 | 162 | 164 | 165 | 167 | 2 |
| Rungkut Kidul | 7 | 315 | 319 | 322 | 326 | 329 | 3 |
| | 8 | 190 | 192 | 194 | 196 | 199 | 2 |
| | 9 | 236 | 239 | 241 | 244 | 247 | 2 |
| | 10 | 390 | 394 | 399 | 403 | 408 | 4 |
| | 11 | 200 | 202 | 205 | 207 | 209 | 2 |
| | 12 | 116 | 117 | 119 | 120 | 121 | 1 |

Berdasarkan Tabel 5.11 diketahui bahwa hasil proyeksi jumlah KK pada RW 06 Kelurahan Kedung Baruk di tahun 2020 adalah 336 KK, sehingga apabila RW tersebut ingin dilayani IPAL 100% minimal dibutuhkan 3 buah IPAL tipikal 100 KK. Pada RW 05 Kelurahan Penjaringan Sari didapatkan jumlah KK di tahun 2020 sebesar 111 KK, sehingga dibutuhkan 1 buah IPAL tipikal 100 KK. Pada contoh kasus seperti ini, sisa 11 KK dapat dilayani dengan cara menggabungkan (*merger*) pelayanan dengan RW lainnya. Detail perencanaan kali ini dibatasi hanya untuk 1 buah IPAL di masing-masing RW yang dapat dilihat pada Lampiran 4. Blok pelayanan pada unit IPAL dapat dilihat pada Lampiran 5.

BAB 6

BILL OF QUANTITY DAN RANCANGAN ANGGARAN BIAYA

Bill of Quantity (BOQ) merupakan rincian perhitungan dari seluruh peralatan dan pekerjaan yang dibutuhkan dalam suatu perencanaan. BOQ merupakan tahap akhir perencanaan yang harus disajikan sebagai bahan pertimbangan dalam pelaksanaan konstruksi. Hasil perhitungan BOQ digunakan untuk merancang anggaran biaya. Rencana anggaran biaya (RAB) diperoleh dari hasil perkalian antara volume pekerjaan tersebut dengan harga satuan pokok kerja (HSPK). Harga satuan pokok pekerjaan disesuaikan dengan HSPK Kota Surabaya Tahun 2015 yang tertera di Lampiran 6. Perencanaan kali ini difokuskan untuk menghitung BOQ dan RAB pada unit IPAL yaitu *Anaerobic Baffled Reactor*.

6.1 Analisa Harga Satuan Pembangunan IPAL

Sebelum menghitung BOQ dan RAB, perlu dicari terlebih dahulu rincian harga satuan material dan upah pekerja yang dibutuhkan. Rincian harga berpaku pada HSPK Kota Surabaya. Analisa harga satuan ini merupakan salah satu langkah untuk mempermudah dan mempercepat perhitungan. HSPK yang digunakan untuk pembangunan IPAL ABR dapat dilihat pada Tabel 6.1 – Tabel 6.18

Tabel 6. 1 Pembersihan Lapangan “Ringan” dan Perataan / m²

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,025 | 120.000 | 3.000 |
| 2 | Pembantu Tukang | OH | 0,05 | 99.000 | 4.950 |
| Jumlah | | | | | 7.950 |
| Nilai HSPK | | | | | 7.950 |

Tabel 6. 2 Pembongkaran Paving Tidak Dipakai Kembali / m²

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|--------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,01 | 120.000 | 1.200. |
| 2 | Tenaga Kasar | OH | 0,02 | 99.000 | 1.980 |
| Jumlah | | | | | 3.180 |
| Nilai HSPK | | | | | 3.180 |

Tabel 6. 3 Pembuatan Bouwplank / m

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-------------------------------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Bahan | | | | |
| 1 | Paku Biasa 2-5 inchi | Doz | 0,02 | 27.000 | 540 |
| 2 | Kayu Meranti Papan 2/20, 4/10 | m ³ | 0,007 | 2.830.000 | 19.810 |
| 3 | Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7 | m ³ | 0,012 | 4.500.000 | 54.000 |
| Jumlah | | | | | 74.350 |
| B. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,005 | 120.000 | 600 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 0,01 | 110.000 | 1.100 |
| 3 | Tukang | OH | 0,1 | 105.000 | 10.500 |
| 4 | Pembantu Tukang | OH | 0,1 | 99.000 | 9.900 |
| Jumlah | | | | | 22.100 |
| Nilai HSPK | | | | | 96.450 |

Tabel 6. 4 Penggalan Tanah Biasa / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,025 | 120.000 | 3.000 |
| 2 | Pembantu Tukang | OH | 0,75 | 99.000 | 74.250 |
| Jumlah | | | | | 77.250 |
| Nilai HSPK | | | | | 77.250 |

Tabel 6. 5 Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian dalamnya lebih dari 1 m / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,0075 | 120.000 | 900 |
| 2 | Pembantu Tukang | OH | 0,15 | 99.000 | 14.850 |
| Jumlah | | | | | 15.750 |
| Nilai HSPK | | | | | 15.750 |

Tabel 6. 6 Pekerjaan Plat Lantai Beton (1Pc:2Ps:3Kr) / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|--|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Pekerjaan Beton K-225 | m ³ | 1 | 1.153.439 | 1.153.439 |
| 2 | Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir) | kg | 100 | 14.498 | 1.449.800 |
| 3 | Pekerjaan Bekisting Lantai | m ² | 1,2 | 378.800 | 454.560 |
| Jumlah | | | | | 3.057.799 |
| Nilai HSPK | | | | | 3.057.799 |

Tabel 6. 7 Pekerjaan Kolom Beton Bertulang / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|----|-------------------------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Bahan | | | | |
| 1 | Semen PC 40 kg | Zak | 8,4 | 63.000 | 529.200 |
| 2 | Pasir Cor/Beton | m ³ | 0,54 | 232.100 | 125.334 |
| 3 | Batu Pecah Mesin 1/2cm | m ³ | 0,81 | 466.000 | 377.460 |
| 4 | Besi Beton Polos | Kg | 157,5 | 12.000 | 1.890.000 |
| 5 | Paku Triplek/Eternit | Kg | 3,2 | 22.000 | 70.400 |
| 6 | Plywood Uk. 122x244x9mm | Lembar | 2,8 | 93.600 | 262.080 |

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|----------------------------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| 7 | Kawat Ikat | Kg | 2,25 | 23.000 | 51.750 |
| 8 | Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7 | m ³ | 0,12 | 6.400.000 | 768.000 |
| 9 | Kayu Meranti Bekisting | m ³ | 0,32 | 3.200.000 | 1.024.000 |
| 10 | Minyak Bekisting | liter | 1,6 | 28.300 | 45.280 |
| Jumlah | | | | | 5.143.504 |
| B. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,265 | 120.000 | 31.800 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 0,265 | 110.000 | 29.150 |
| 3 | Tukang | OH | 1,3 | 105.000 | 136.500 |
| 4 | Tukang | OH | 0,275 | 105.000 | 28.875 |
| 5 | Tukang | OH | 1,05 | 105.000 | 110.250 |
| 6 | Pembantu Tukang | OH | 5,3 | 99.000 | 524.700 |
| Jumlah | | | | | 861.275 |
| Nilai HSPK | | | | | 6.004.779 |

Tabel 6. 8 Pekerjaan Plat Lantai Beton (1Pc:2Ps:3Kr)/m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|--|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Upah | | | | |
| 1 | Pekerjaan Beton K-125 | m ³ | 1 | 1.014.088 | 1.014.088 |
| 2 | Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir) | Kg | 100 | 14.498 | 1.449.800 |
| 3 | Pekerjaan Bekisting Lantai | m ² | 1,2 | 378.800 | 454.560 |
| Jumlah | | | | | 2.918.448 |
| Nilai HSPK | | | | | 2.918.448 |

Tabel 6. 9 Pekerjaan Balok Beton Bertulang / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|----------------------------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Bahan | | | | |
| 1 | Semen PC 40 kg | Zak | 8,4 | 63.000 | 529.200 |
| 2 | Pasir Cor/Beton | m ³ | 0,54 | 232.100 | 125.334 |
| 3 | Batu Pecah Mesin 1/2cm | m ³ | 0,81 | 466.000 | 377.460 |
| 4 | Besi Beton Polos | Kg | 210 | 12.000 | 2.520.000 |
| 5 | Paku Triplek/Eternit | Kg | 3,2 | 22.000 | 70.400 |
| 6 | Plywood Uk. 122x244x9mm | Lembar | 2,8 | 93.600 | 262.080 |
| 7 | Kawat Ikat | Kg | 3 | 23.000 | 69.000 |
| 8 | Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7 | m ³ | 0,14 | 6.400.000 | 896.000 |
| 9 | Kayu Meranti Bekisting | m ³ | 0,32 | 3.200.000 | 1.024.000 |
| 10 | Minyak Bekisting | liter | 1,6 | 28.300 | 45.280 |
| Jumlah | | | | | 5.918.754 |
| B. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,318 | 120.000 | 38.160 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 0,333 | 110.000 | 36.630 |
| 3 | Tukang | OH | 1,65 | 105.000 | 173.250 |
| 4 | Tukang | OH | 0,275 | 105.000 | 28.875 |
| 5 | Tukang | OH | 1,4 | 105.000 | 147.000 |
| 6 | Pembantu Tukang | OH | 6,35 | 99.000 | 628.650 |
| Jumlah | | | | | 1.052.565 |
| Nilai HSPK | | | | | 6.971.319 |

Tabel 6. 10 Pekerjaan Dinding Beton Bertulang / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|----|------------------------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Bahan | | | | |
| 1 | Semen PC 40 kg | Zak | 8,4 | 63.000 | 529.200 |
| 2 | Pasir Cor/Beton | m ³ | 0,54 | 232.100 | 125.334 |
| 3 | Batu Pecah Mesin 1/2cm | m ³ | 0,81 | 466.000 | 377.460 |
| 4 | Besi Beton Polos | Kg | 157,5 | 12.000 | 1.890.000 |

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|----------------------------|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| 5 | Paku Triplek/Eternit | Kg | 3,2 | 22.000 | 70.400 |
| 6 | Plywood Uk. 122x244x9mm | Lembar | 2,8 | 93.600 | 262.080 |
| 7 | Kawat Ikat | Kg | 2,25 | 23.000 | 51.750 |
| 8 | Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7 | m ³ | 0,16 | 6.400.000 | 1.024.000 |
| 9 | Kayu Meranti Bekisting | m ³ | 0,24 | 3.200.000 | 768.000 |
| 10 | Minyak Bekisting | liter | 1,6 | 28.300 | 45.280 |
| Jumlah | | | | | 5.143.504 |
| B. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,265 | 120.000 | 31.800 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 0,262 | 110.000 | 28.820 |
| 3 | Tukang | OH | 1,3 | 105.000 | 136.500 |
| 4 | Tukang | OH | 0,275 | 105.000 | 28.875 |
| 5 | Tukang | OH | 1,05 | 105.000 | 110.250 |
| 6 | Pembantu Tukang | OH | 5,3 | 99.000 | 524.700 |
| Jumlah | | | | | 860.945 |
| Nilai HSPK | | | | | 6.004.449 |

Tabel 6. 11 Pekerjaan Plat Tutup Beton / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|--|----------------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Pekerjaan Beton K-225 | m ³ | 1 | 1.153.439 | 1.153.439 |
| 2 | Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir) | kg | 100 | 14.498 | 1.449.800 |
| 3 | Pekerjaan Bekisting Tutup | m ² | 1,2 | 378.800 | 454.560 |
| Jumlah | | | | | 3.057.799 |
| Nilai HSPK | | | | | 3.057.799 |

Tabel 6. 12 Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 3" / m

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|---|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Bahan | | | | |
| 1 | Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 3 inchi Pj.4mtr | Batang | 0,3 | 69.000 | 20.700 |
| 2 | Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 3 inchi Pj.4mtr | Batang | 0,105 | 69.000 | 7.245 |
| Jumlah | | | | | 27.945 |
| B. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,0041 | 120.000 | 492 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 0,0135 | 110.000 | 1.485 |
| 3 | Tukang | OH | 0,135 | 105.000 | 14.175 |
| 4 | Pembantu Tukang | OH | 0,081 | 99.000 | 8.019 |
| Jumlah | | | | | 24.171 |
| Nilai HSPK | | | | | 52.116 |

Tabel 6. 13 Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4" / m

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|---|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Bahan | | | | |
| 1 | Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 4 inchi Pj.4mtr | Batang | 0,3 | 89.000 | 26.700 |
| 2 | Pipa Plastik PVC Tipe C Uk. 4 inchi Pj.4mtr | Batang | 0,105 | 89.000 | 9.345 |
| Jumlah | | | | | 36.045 |
| B. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,0041 | 120.000 | 492 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 0,0135 | 110.000 | 1.485 |
| 3 | Tukang | OH | 0,135 | 105.000 | 14.175 |
| 4 | Pembantu Tukang | OH | 0,081 | 99.000 | 8.019 |
| Jumlah | | | | | 24.171 |
| Nilai HSPK | | | | | 60.216 |

Tabel 6. 14 Pekerjaan Galian Perkerasan Jalan (Aspal) / m²

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,024 | 119.500 | 2.868 |
| 2 | Pembantu Tukang | OH | 1,4 | 94.400 | 132.160 |
| Jumlah | | | | | 135.028 |
| Nilai HSPK | | | | | 135.028 |

Tabel 6. 15 Pelapisan Waterproofing / m²

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Bahan | | | | |
| 1 | Waterproof | Kg | 0,35 | 85.000 | 29.750 |
| 2 | Serat Fiber | Lembar | 1 | 10.100 | 10.100 |
| Jumlah | | | | | 39.850 |
| B. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,0025 | 120.000 | 300 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 0,0075 | 110.000 | 825 |
| 3 | Tukang | OH | 0,075 | 105.000 | 7.875 |
| 4 | Pembantu Tukang | OH | 0,05 | 99.000 | 4.950 |
| Jumlah | | | | | 13.950 |
| Nilai HSPK | | | | | 53.800 |

Tabel 6. 16 Pengurugan Tanah Kembali / m³

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,019 | 120.000 | 2.280 |
| 2 | Pembantu Tukang | OH | 0,102 | 99.000 | 10.098 |
| Jumlah | | | | | 12.378 |
| Nilai HSPK | | | | | 12.378 |

Tabel 6. 17 Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan / m²

| NO | Kebutuhan | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|------------|-----------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| A. | Tenaga Kerja | | | | |
| 1 | Mandor | OH | 0,05 | 120.000 | 6.000 |
| 2 | Pembantu Tukang | OH | 0,1 | 99.000 | 9.900 |
| Jumlah | | | | | 15.900 |
| Nilai HSPK | | | | | 15.900 |

Tabel 6. 18 Aksesoris Pipa

| No. | Kebutuhan | Satuan | Harga Satuan (Rp) |
|-----|--------------|--------|-------------------|
| 1 | Elbow 90° 3" | buah | 388 |
| 2 | Tee 3" | buah | 903 |
| 3 | Tee 4" | buah | 3.975 |

6.2 BOQ dan RAB Anaerobic Baffled Reactor

BOQ dan RAB unit pengolahan limbah yaitu ABR terdiri dari 3 tahap. Tahap pertama adalah persiapan yang dilanjutkan dengan tahap pekerjaan utama hingga tahap terakhir adalah finishing. Setelah menggambar desain unit IPAL, selanjutnya dapat dicari volume dari ABR serta perkiraan anggaran biaya untuk merealisasikan bangunan tersebut. Berikut ini merupakan contoh perhitungan dari volume galian ABR:

Diketahui :

Panjang Bak Pengendap = 4 m
 Lebar Bak Pengendap = 2 m
 Kedalaman air = 2 m
 Freeboard = 0,3 m
 Panjang kompartemen = 1,2 m
 Lebar kompartemen = 2 m
 Tebal beton = 0,15 m

Perhitungan :

Panjang Total ABR

= panjang bak pengendap + (panjang kompartemen x jumlah kompartemen) + (tebal beton x (jumlah kompartemen + 2))

$$= 4 \text{ m} + (1,2 \text{ m} \times 6) + (0,15 \text{ m} \times (6 + 2 \text{ m}))$$

$$= 12,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Total ABR} = \text{lebar bak pengendap} + (\text{tebal beton} \times 2)$$

$$= 2 \text{ m} + (0,15 \text{ m} \times 2)$$

$$= 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman ABR} = \text{kedalaman air} + \text{freeboard} + (\text{tebal beton} \times 2)$$

$$= 2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + (0,15 \times 2)$$

$$= 2,6 \text{ m}$$

$$\text{Total Luas Lahan} = \text{panjang total} \times \text{lebar total}$$

$$= 12,4 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}$$

$$= 28,52 \text{ m}^2$$

Pada saat konstruksi perlu ditambahkan jarak pada masing-masing sisi sebesar 0,5 m sebagai area pekerja. Sehingga diketahui volume galian :

$$\text{Volume Galian} = (\text{Panjang total} + (2 \times 0,5)) \times (\text{Lebar total} + (2 \times 0,5)) \times \text{Kedalaman ABR}$$

$$= (12,4 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times (2,3 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times 2,6 \text{ m}$$

$$= 114,97 \text{ m}^3$$

Perhitungan BOQ dan RAB selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 6.19 – 6.21. Unit IPAL akan diletakkan pada lahan kosong dan jalan. Jalan yang ada di wilayah perencanaan terdiri dari dua jenis yaitu jalan berpaving dan jalan beraspal. Peletakan ABR pada jalan berpaving membutuhkan anggaran biaya sebesar Rp 142.902.384,- dengan konstruksi beton bertulang. ABR yang diletakkan pada lahan kosong memiliki anggaran biaya lebih murah yaitu sebesar Rp. 141.531.301,- karena tidak melakukan pekerjaan pembongkaran paving serta menggunakan kualitas mutu beton yang lebih rendah, dengan alasan IPAL tersebut tidak dilewati kendaraan bermotor. Sedangkan IPAL yang diletakkan pada jalan beraspal membutuhkan biaya yang paling mahal yaitu sebesar Rp. 148.732.702,- karena terdapat galian perkerasan jalan (aspal).

Tabel 6. 19 Perhitungan BOQ dan RAB IPAL (Jalan Berpaving)

| BOQ dan RAB Pembangunan ABR | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| NO | Tahapan Konstruksi | Kebutuhan | Satuan | Nilai HSPK (Rp) | Total Biaya (Rp) |
| Tahap Persiapan | | | | | |
| 1 | Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan | 44,22 | m ² | 7.950 | 351.549 |
| 2 | Pembongkaran Paving tidak dipakai Kembali | 44,22 | m ² | 3.180 | 140.620 |
| 3 | Pembuatan Bouwplank | 33,4 | m | 96.450 | 3.221.430 |
| Pekerjaan Utama | | | | | |
| 1 | Penggalian Tanah Biasa | 114,97 | m ³ | 77.250 | 8.881.587 |
| 2 | Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1meter | 114,97 | m ³ | 15.750 | 1.810.809 |
| 3 | Pekerjaan Plat Lantai Beton K-225 | 4,28 | m ³ | 3.057.799 | 13.081.265 |
| 4 | Pekerjaan Kolom Beton Bertulang | 0,94 | m ³ | 6.004.779 | 5.620.473 |
| 5 | Pekerjaan Balok Beton Bertulang | 1,59 | m ³ | 6.971.319 | 11.105.311 |
| 6 | Pekerjaan Dinding Beton Bertulang | 13,05 | m ³ | 6.004.449 | 78.332.190 |
| 7 | Pekerjaan Plat Tutup Beton K-225 | 4,28 | m ³ | 3.057.799 | 13.081.265 |
| 8 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 3" | 34,5 | m | 52.116 | 1.826.664 |
| 9 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4" | 2 | m | 60.216 | 128.382 |
| Pekerjaan Finishing | | | | | |
| 1 | Pelapisan Waterproof | 76,44 | m ² | 53.800 | 4.112.472 |
| 2 | Pengurugan Tanah Kembali | 40,82 | m ³ | 12.378 | 505.270 |
| 3 | Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan | 44,22 | m ² | 15.900 | 703.098 |
| TOTAL BIAYA | | | | | 142.902.384 |

Tabel 6. 20 Perhitungan BOQ dan RAB IPAL (Lahan Kosong)

| BOQ dan RAB Pembangunan ABR | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| NO | Tahapan Konstruksi | Kebutuhan | Satuan | Nilai HSPK (Rp) | Total Biaya (Rp) |
| Tahap Persiapan | | | | | |
| 1 | Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan | 44,22 | m ² | 7.950 | 351.549 |
| 2 | Pembuatan Bouwplank | 33,4 | m | 96.450 | 3.221.430 |
| Pekerjaan Utama | | | | | |
| 1 | Penggalian Tanah Biasa | 114,97 | m ³ | 77.250 | 8.881.587 |
| 2 | Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1meter | 114,97 | m ³ | 15.750 | 1.810.809 |
| 3 | Pekerjaan Plat Lantai Beton K-125 | 4,28 | m ³ | 2.918.448 | 12.485.121 |
| 4 | Pekerjaan Kolom Beton Bertulang | 0,94 | m ³ | 6.004.779 | 5.620.473 |
| 5 | Pekerjaan Balok Beton Bertulang | 1,59 | m ³ | 6.971.319 | 11.105.311 |
| 6 | Pekerjaan Dinding Beton Bertulang | 13,05 | m ³ | 6.004.449 | 78.332.190 |
| 7 | Pekerjaan Plat Tutup Beton K-125 | 4,28 | m ³ | 2.918.448 | 12.485.121 |
| 8 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 3" | 34,47 | m | 52.116 | 1.796.439 |
| 9 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4" | 2 | m | 60.216 | 120.432 |
| Pekerjaan Finishing | | | | | |
| 1 | Pelapisan Waterproof | 76,44 | m ² | 53.800 | 4.112.472 |
| 2 | Pengurugan Tanah Kembali | 40,82 | m ³ | 12.378 | 505.270 |
| 3 | Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan | 44,22 | m ² | 15.900 | 703.098 |
| TOTAL BIAYA | | | | | 141.531.301 |

Tabel 6. 21 Perhitungan BOQ dan RAB IPAL (Jalan Aspal)

| BOQ dan RAB Pembangunan ABR | | | | | |
|-----------------------------|--|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| NO | Tahapan Konstruksi | Kebutuhan | Satuan | Nilai HSPK (Rp) | Total Biaya (Rp) |
| Tahap Persiapan | | | | | |
| 1 | Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan | 44,22 | m ² | 7.950 | 351.549 |
| 2 | Pembuatan Bouwplank | 33,4 | m | 96.450 | 3.221.430 |
| Pekerjaan Utama | | | | | |
| 1 | Penggalian Perkerasan Jalan | 44,22 | m ² | 135.028 | 5.970.938 |
| 2 | Penggalian Tanah Biasa | 114,97 | m ³ | 77.250 | 8.881.587 |
| 3 | Pengangkutan Tanah dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1meter | 114,97 | m ³ | 15.750 | 1.810.809 |
| 4 | Pekerjaan Plat Lantai Beton K-225 | 4,28 | m ³ | 3.057.799 | 13.081.265 |
| 5 | Pekerjaan Kolom Beton Bertulang | 0,94 | m ³ | 6.004.779 | 5.620.473 |
| 6 | Pekerjaan Balok Beton Bertulang | 1,59 | m ³ | 6.971.319 | 11.105.311 |
| 7 | Pekerjaan Dinding Beton Bertulang | 13,05 | m ³ | 6.004.449 | 78.332.190 |
| 8 | Pekerjaan Plat Tutup Beton K-225 | 4,28 | m ³ | 3.057.799 | 13.081.265 |
| 9 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 3" | 34,47 | m | 52.116 | 1.826.664 |
| 10 | Pemasangan Pipa Air Kotor diameter 4" | 2 | m | 60.216 | 128.382 |
| Pekerjaan Finishing | | | | | |
| 1 | Pelapisan Waterproof | 76,44 | m ² | 53.800 | 4.112.472 |
| 2 | Pengurugan Tanah Kembali | 40,82 | m ³ | 12.378 | 505.270 |
| 3 | Pembersihan Lapangan "Berat" dan Perataan | 44,22 | m ² | 15.900 | 703.098 |
| TOTAL BIAYA | | | | | 148.732.702 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

1. Dokumentasi Kegiatan Sampling Air Limbah



2. Dokumentasi Kegiatan Survei Masyarakat

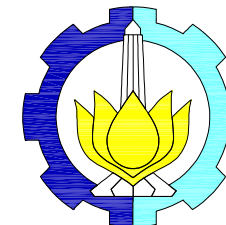


3. Dokumentasi Pengukuran Lahan



4. Dokumentasi Perijinan dan Permintaan Data Sekunder di Kelurahan





PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

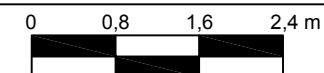
LEGENDA

-  : BETON
 : TUTUP ABR

JUDUL GAMBAR

DENAH DAN TAMPAK
ATAS ABR

SKALA GAMBAR

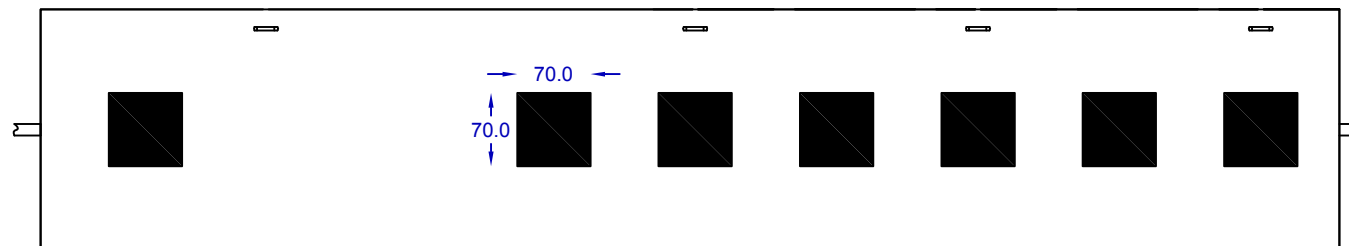


LAMPIRAN

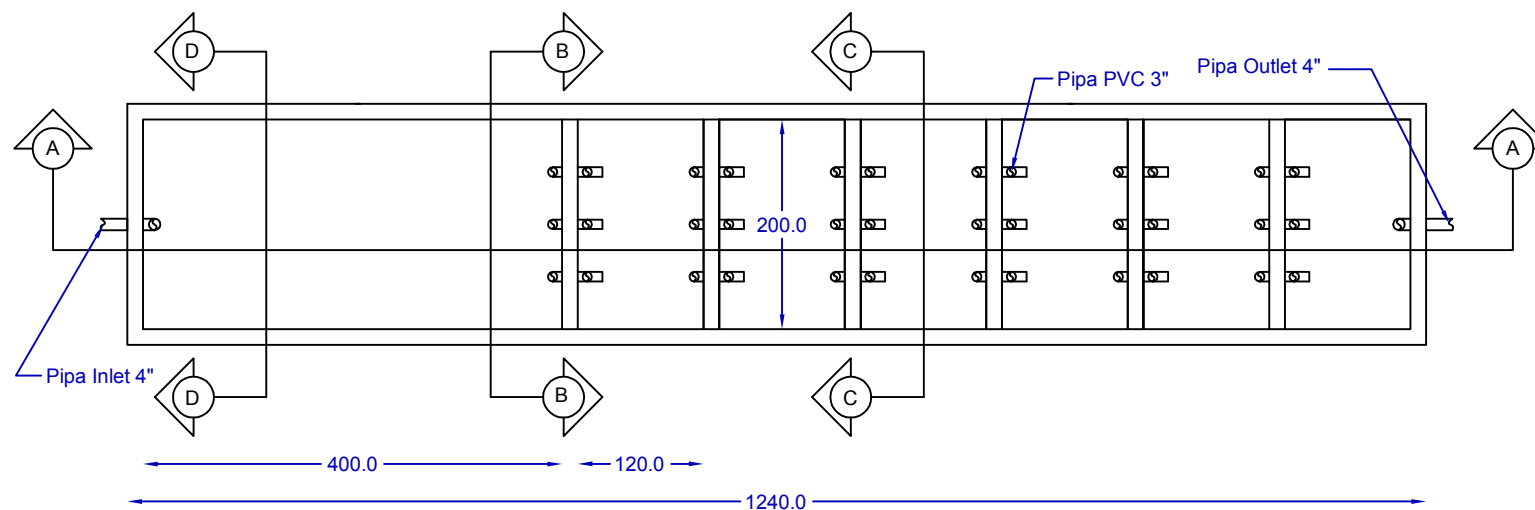
NOMOR

LAMPIRAN 2

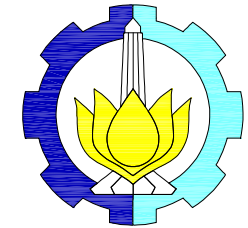
01



TAMPAK ATAS ABR



DENAH ABR



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA

-  : BETON
-  : TUTUP ABR
-  : MUKA AIR
-  : MUKA TANAH

JUDUL GAMBAR

POTONGAN ABR

SKALA GAMBAR

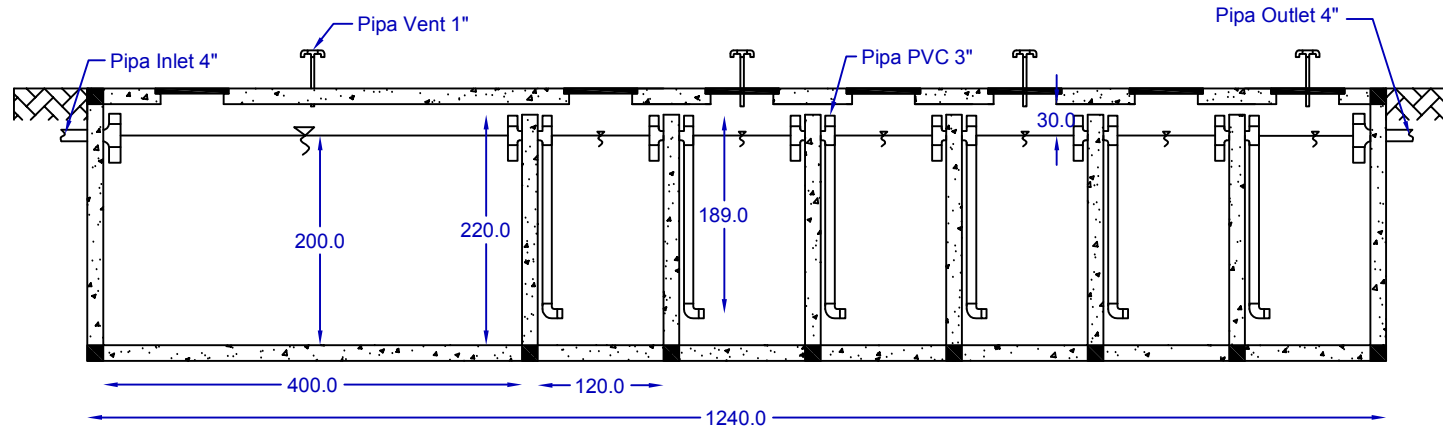
1 : 70 / 1 : 50

LAMPIRAN

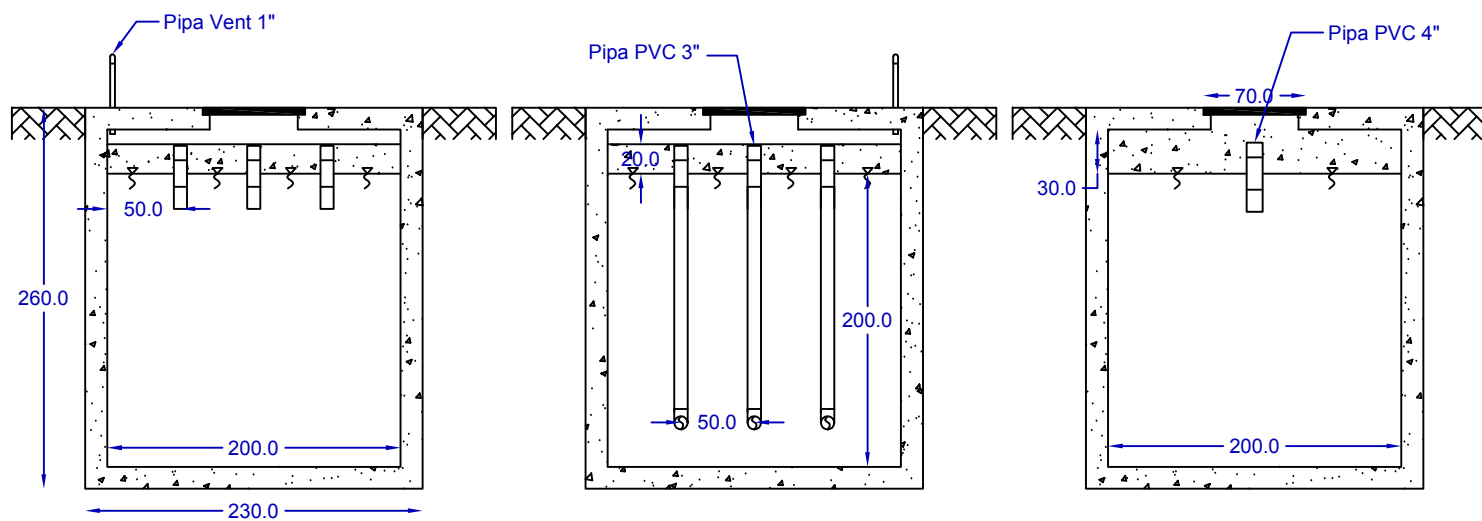
NOMOR

LAMPIRAN 2

02



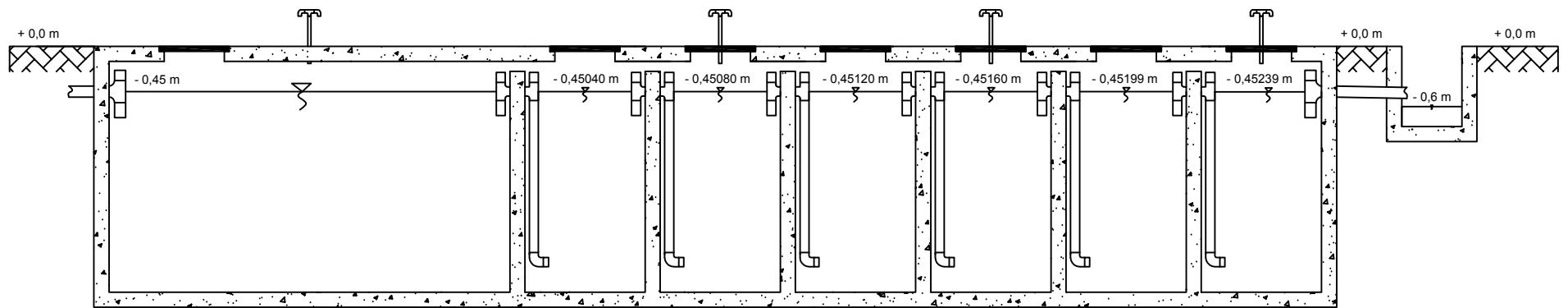
POTONGAN A - A
Skala 1 : 70

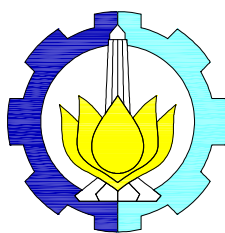







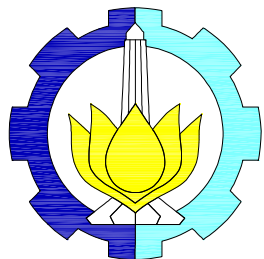
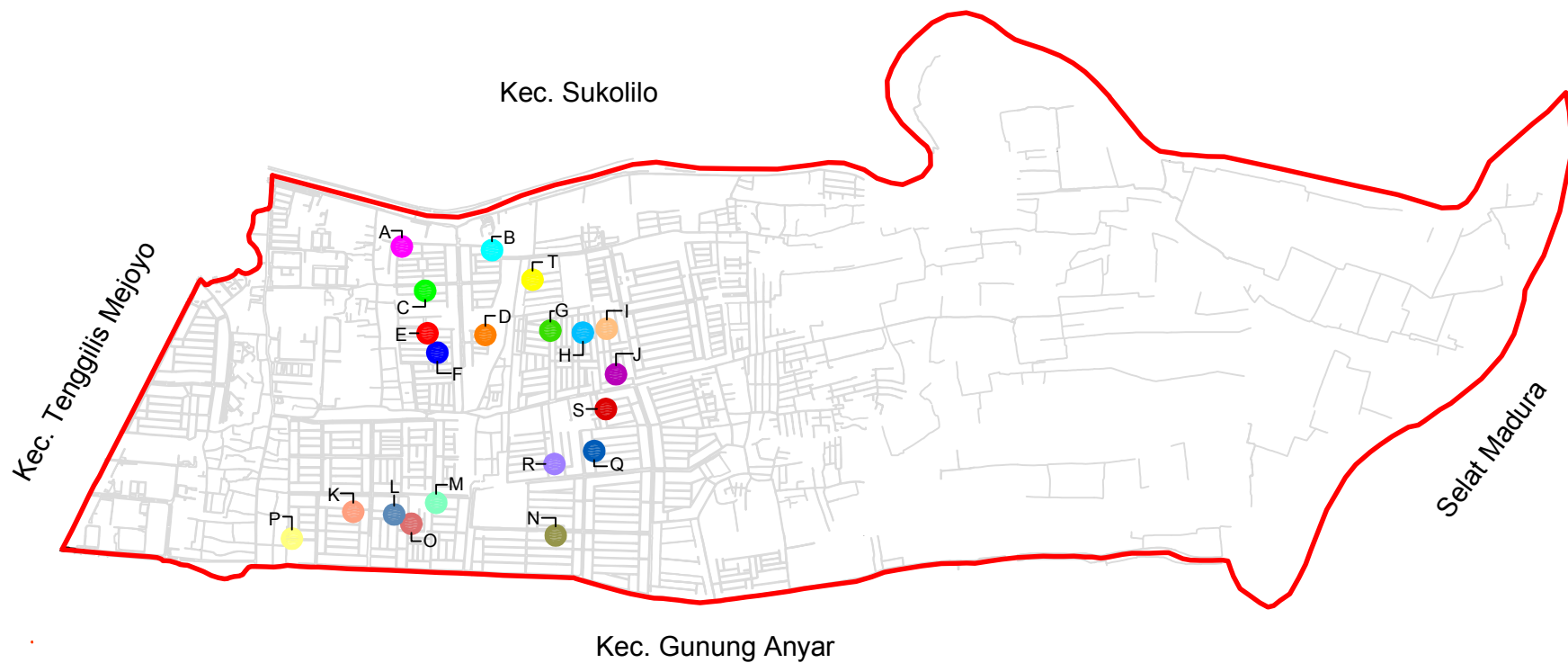
POTONGAN B - B
Skala 1 : 50

POTONGAN C - C
Skala 1 : 50

POTONGAN D - D
Skala 1 : 50



| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|-------|
|  | TUGAS AKHIR | | LEGENDA | | JUDUL GAMBAR | |
| | TEKNIK LINGKUNGAN FTSP - ITS SURABAYA 2016 | |  : BETON  : MUKA TANAH | | PROFIL HIDROLIS ANAEROBIC BAFFLED REACTOR | |
| | NAMA MAHASISWA | |  : TUTUP MANHOLE ABR  : MUKA AIR | | | |
| | BIAS AGATHA PERMATA S. 3312100010 | | SKALA GAMBAR | | LAMPIRAN | NOMOR |
| | DOSEN PEMBIMBING | |  | | LAMPIRAN 2 | 03 |
| | IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., PhD. | | | | | |



TUGAS AKHIR

TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS
SURABAYA
2016

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

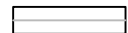
DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T.,
PhD.

LEGENDA



: BATAS KECAMATAN



: JALAN

: TITIK DETAIL PELETAKAN IPAL

: TITIK DETAIL A

: TITIK DETAIL B

: TITIK DETAIL C

: TITIK DETAIL D

: TITIK DETAIL E

: TITIK DETAIL F

: TITIK DETAIL G

: TITIK DETAIL H

: TITIK DETAIL I

: TITIK DETAIL J

: TITIK DETAIL K

: TITIK DETAIL L

: TITIK DETAIL M

: TITIK DETAIL N

: TITIK DETAIL O

: TITIK DETAIL P

: TITIK DETAIL Q

: TITIK DETAIL R

: TITIK DETAIL S

: TITIK DETAIL T

SKALA GAMBAR

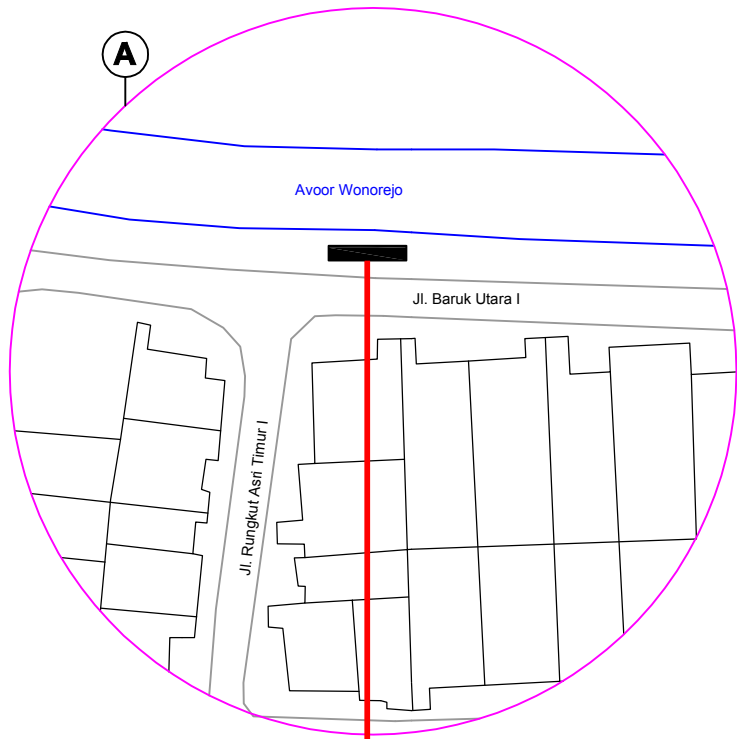
Tanpa Skala

JUDUL GAMBAR

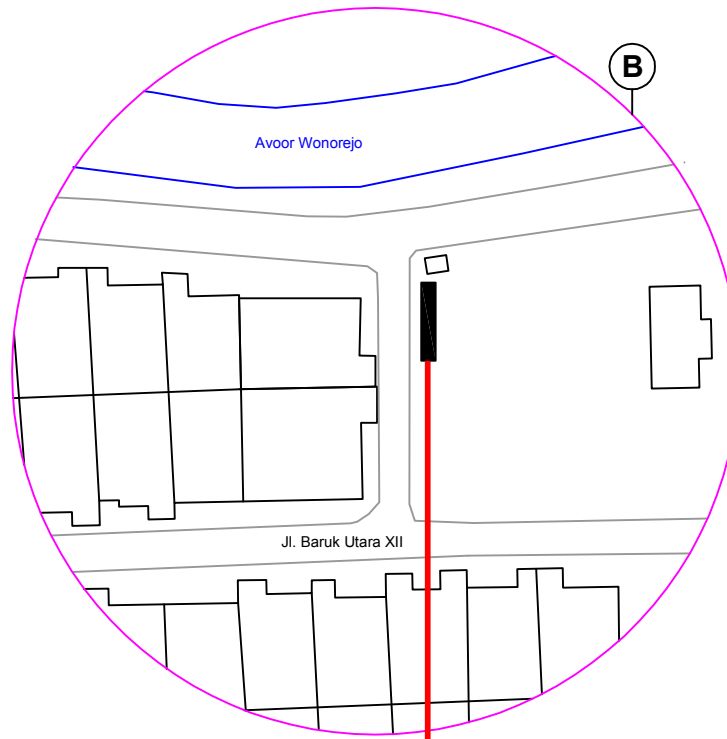
PETA TITIK
PELETAKAN IPAL

LAMPIRAN

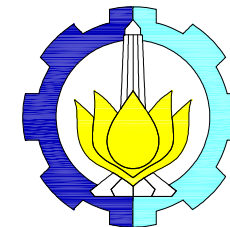
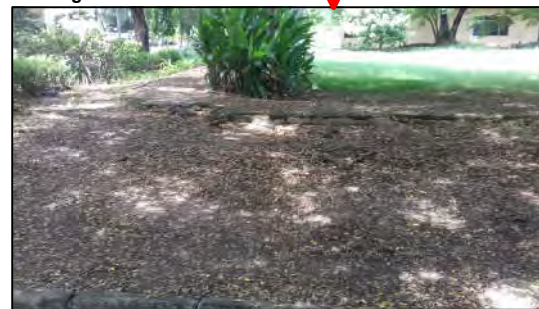
LAMPIRAN 3



Kedung Baruk RW 06



Kedung Baruk RW 07



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA



: Jalan



: Sungai



: Drainase



: Rumah



: IPAL

JUDUL GAMBAR

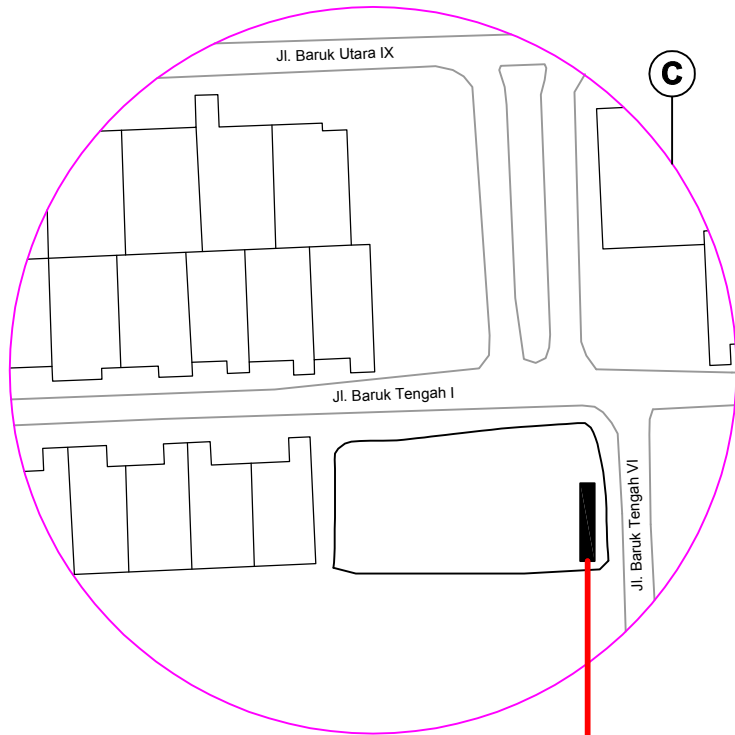
DETAIL PELETAKAN IPAL

SKALA

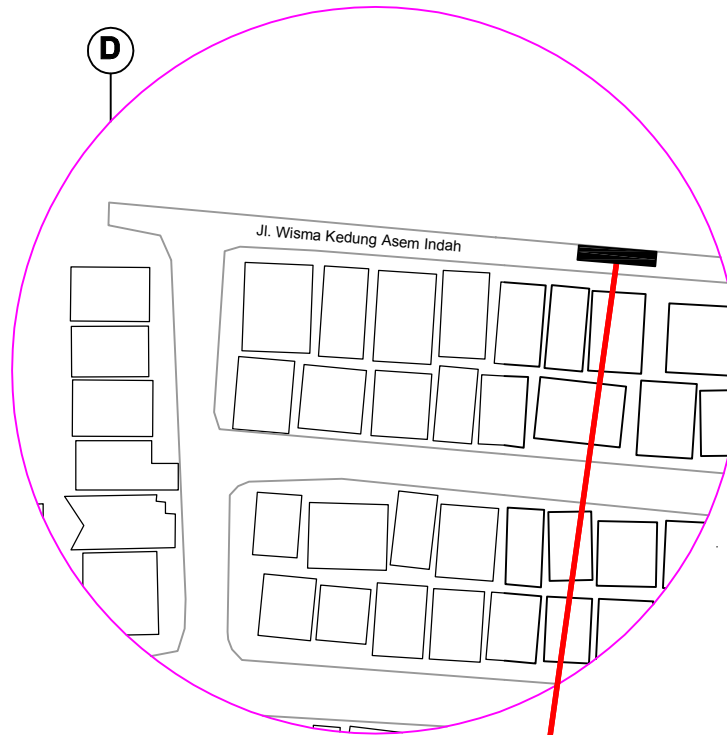
Tanpa Skala

LAMPIRAN

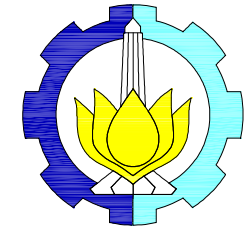
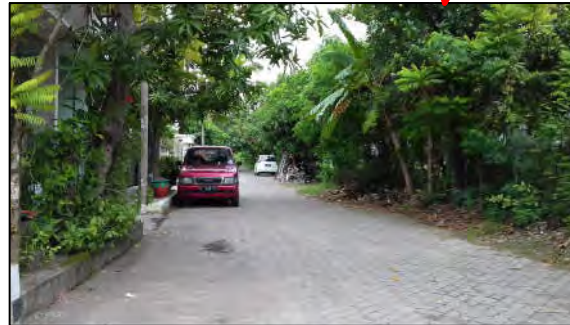
4.1



Kedung Baruk RW 10



Kedung Baruk RW 09



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**






NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA

-  : Jalan
-  : Sungai
-  : Drainase
-  : Rumah
-  : IPAL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PELETAKAN IPAL

SKALA

Tanpa Skala

LAMPIRAN

4.2

E

Jl. Baruk Barat I

Jl. Baruk Barat II

Kedung Baruk RW 08

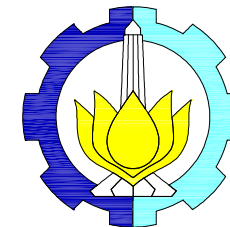


F

Jl. Baruk Timur V

Jl. Baruk Timur VIII

Kedung Baruk RW 05



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA



: Jalan



: Sungai



: Drainase



: Rumah



: IPAL

JUDUL GAMBAR

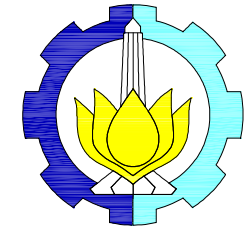
DETAIL PELETAKAN IPAL

SKALA

Tanpa Skala

LAMPIRAN

4.3



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**






NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA

-  : Jalan
-  : Sungai
-  : Drainase
-  : Rumah
-  : IPAL

JUDUL GAMBAR

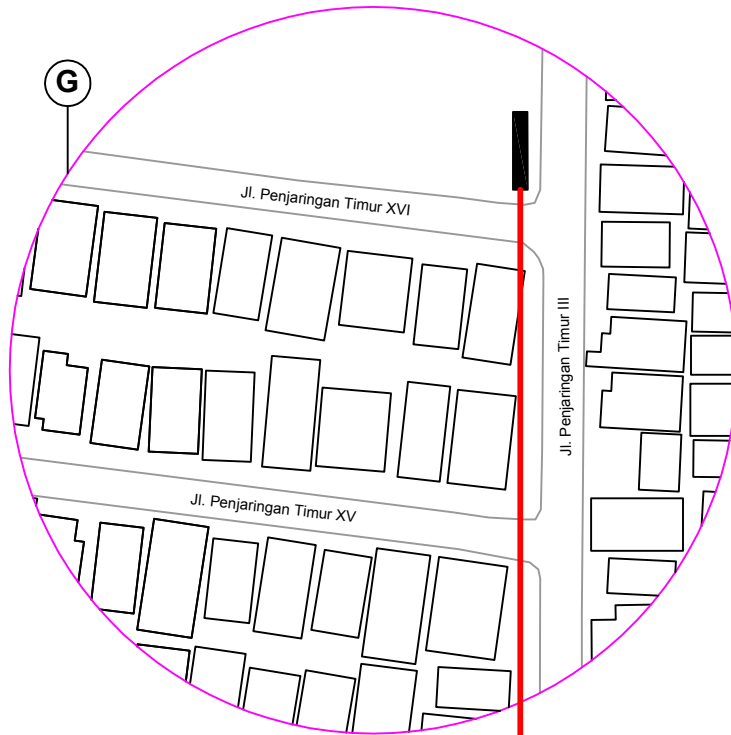
DETAIL PELETAKAN IPAL

SKALA

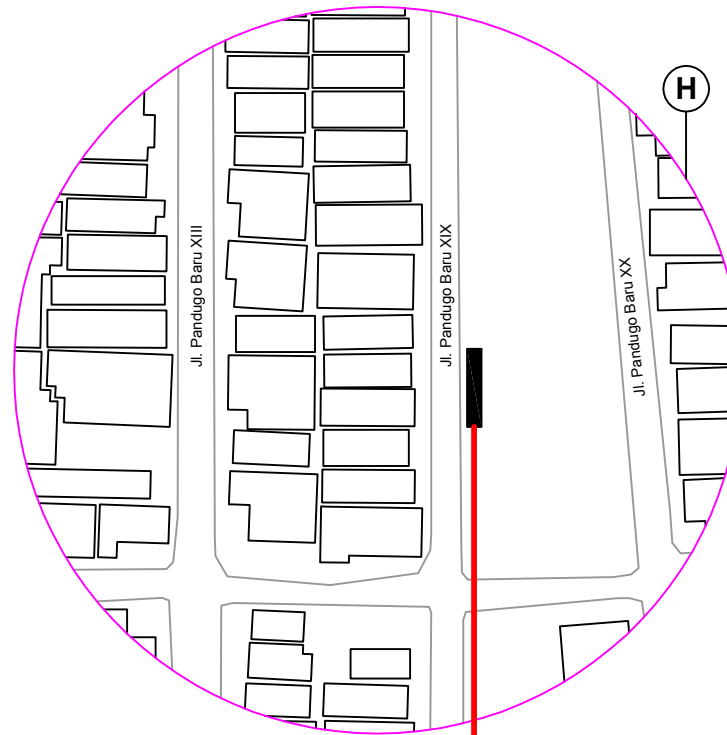
Tanpa Skala

LAMPIRAN

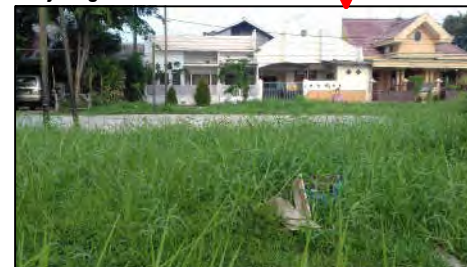
4.4

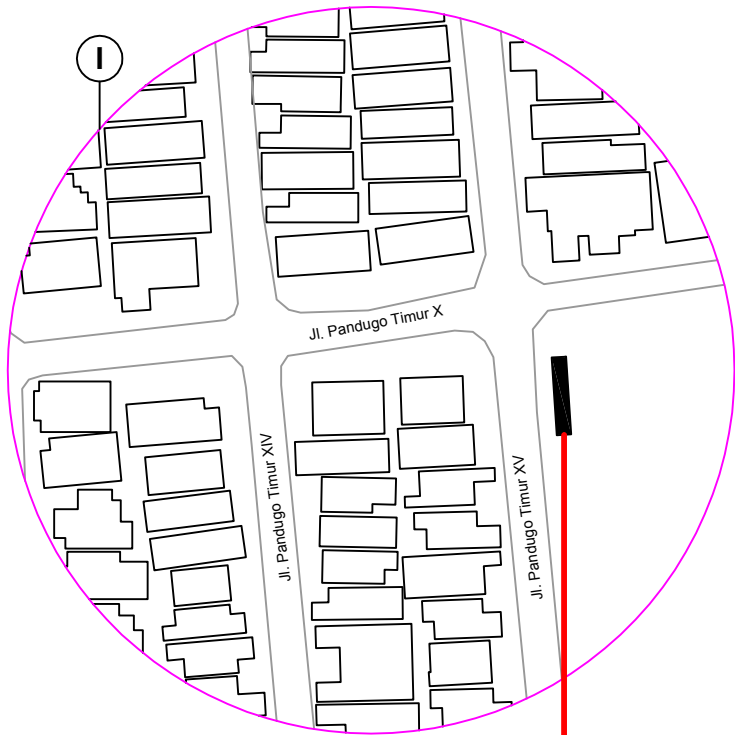


Penjaringan Sari RW 08

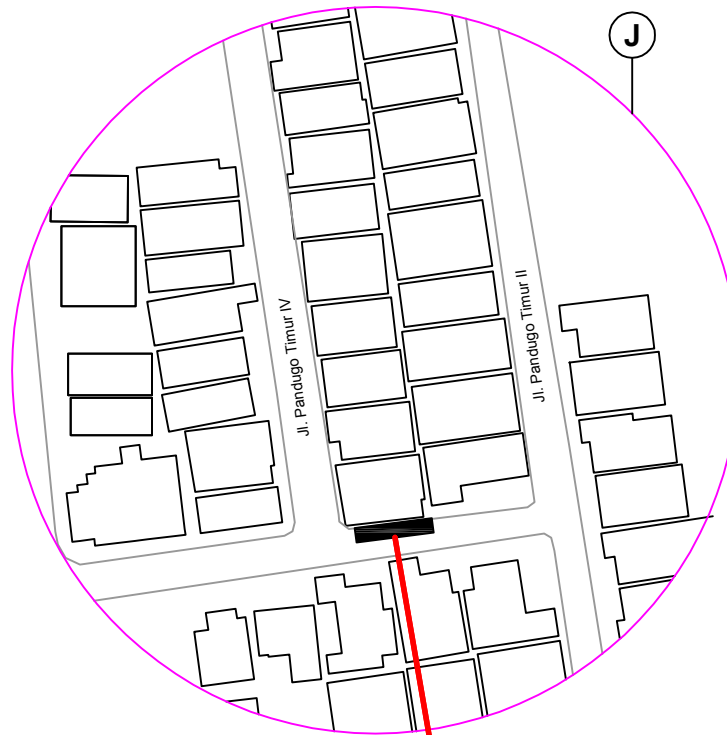


Penjaringan Sari RW 04

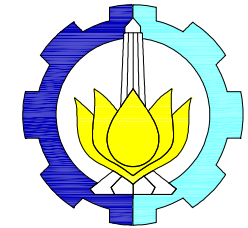




Penjaringan Sari RW 09



Penjaringan Sari RW 05



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA



: Jalan



: Sungai



: Drainase



: Rumah



: IPAL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PELETAKAN IPAL

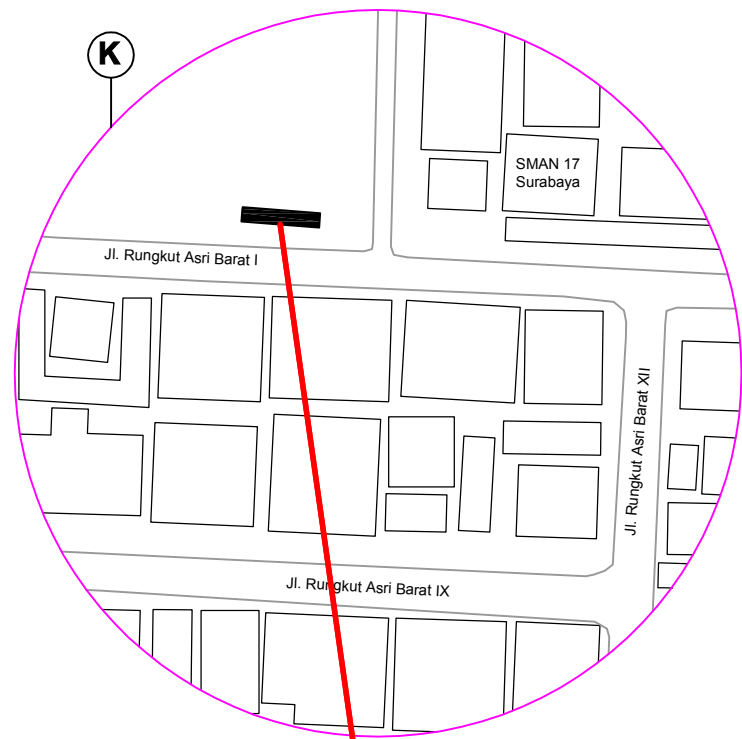
SKALA

Tanpa Skala

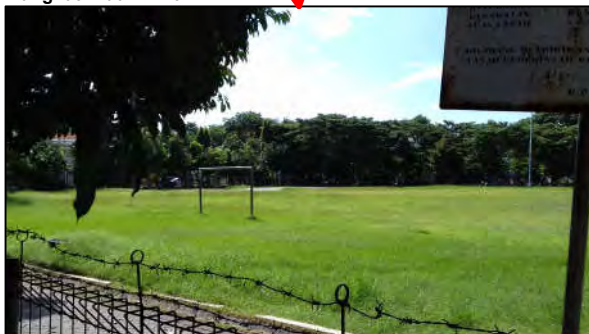
LAMPIRAN

4.5

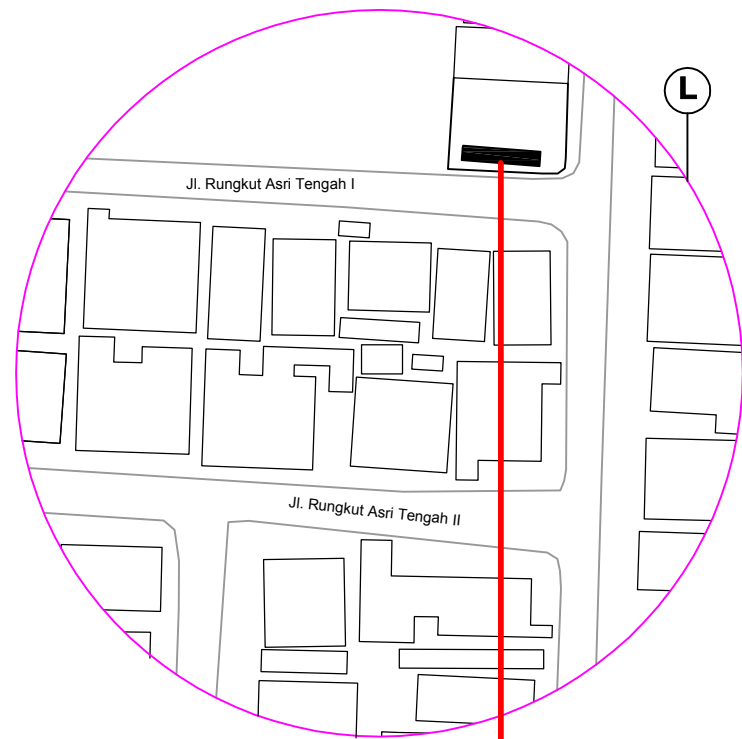
K



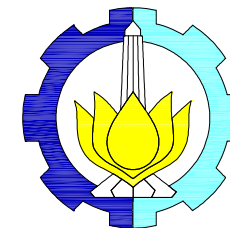
Rungkut Kidul RW 07



L



Rungkut Kidul RW 08



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA



: Jalan



: Sungai



: Drainase



: Rumah



: IPAL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PELETAKAN IPAL

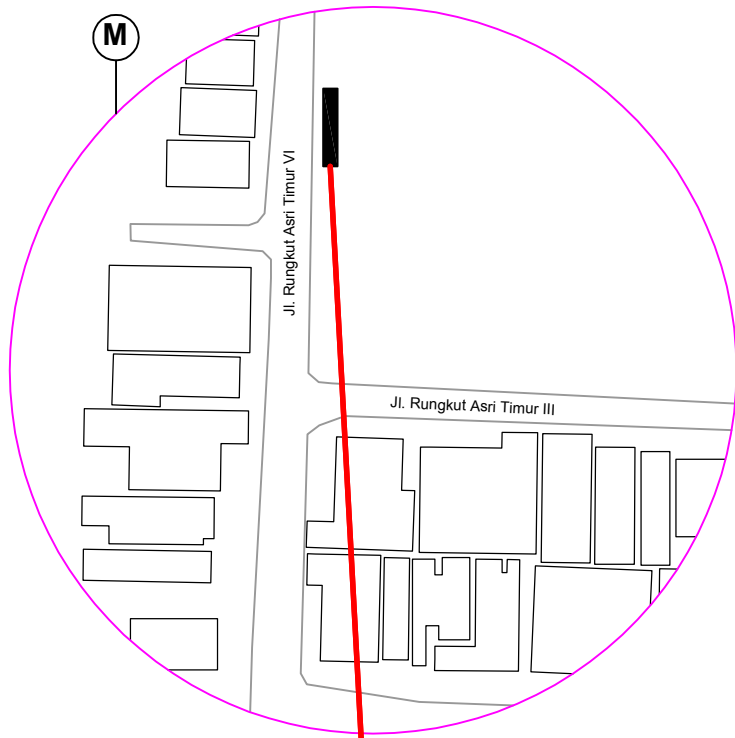
SKALA

Tanpa Skala

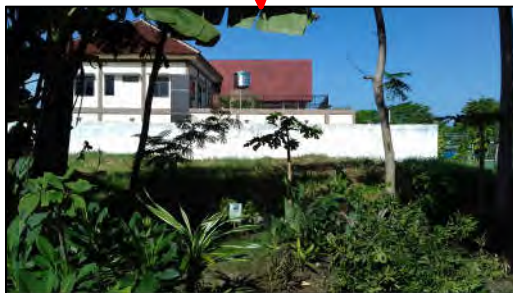
LAMPIRAN

4.6

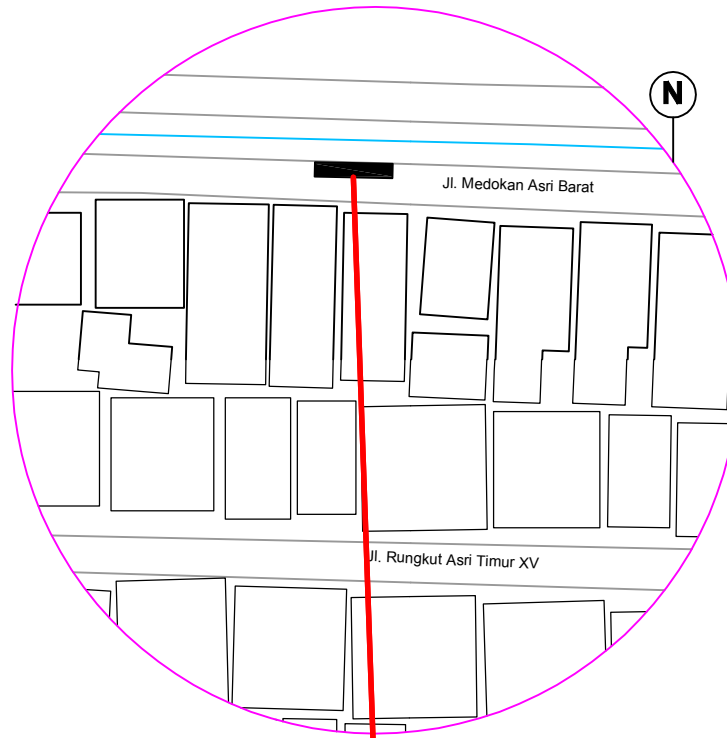
M



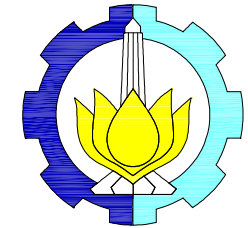
Rungkut Kidul RW 09



N



Rungkut Kidul
RW 10



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA



: Jalan



: Sungai



: Drainase



: Rumah



: IPAL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PELETAKAN IPAL

SKALA

Tanpa Skala

LAMPIRAN

4.7

Diagram showing a street layout for Rungkut Kidul RW 11. The map includes a circular inset showing a street grid. A red arrow points from a specific location on the map to a photograph of the area. The map labels include 'Jl. Rungkut Asri Tengah VIII' and 'Jl. Rungkut Asri Tengah IX'.

Rungkut Kidul RW 11

Diagram showing a street layout for Rungkut Kidul RW 12. The map includes a circular inset showing a street grid. A red arrow points from a specific location on the map to a photograph of the area. The map labels include 'Jl. Rungkut Asri Barat V' and 'Jl. Rungkut Asri Barat VI'.

Rungkut Kidul RW 12

**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA
BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

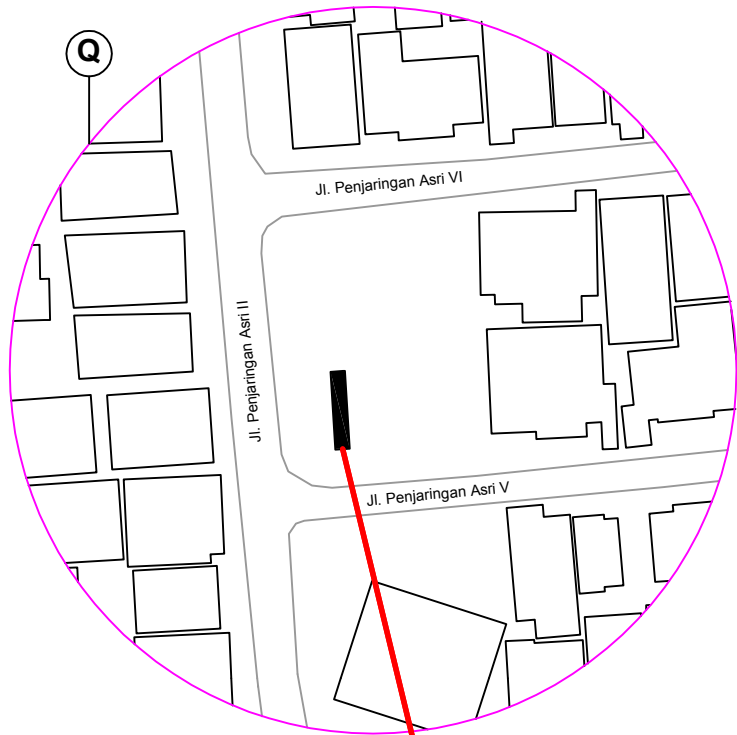
DOSEN PEMBIMBING
IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA

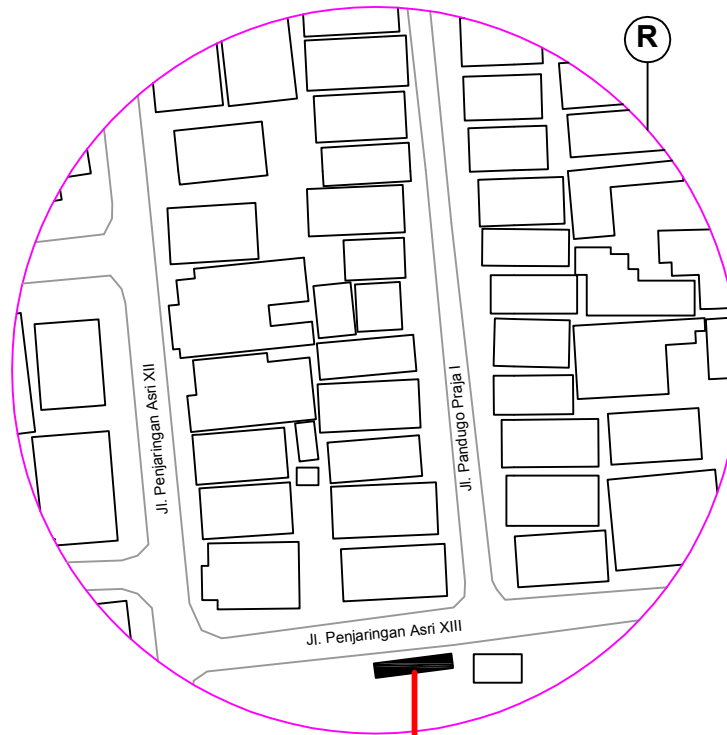
- : Jalan
- : Sungai
- : Drainase
- : Rumah
- : IPAL

JUDUL GAMBAR
DETAIL PELETAKAN IPAL

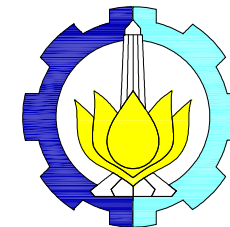
| SKALA | LAMPIRAN |
|-------------|----------|
| Tanpa Skala | 4.8 |



Penjaringan Sari RW 07



Penjaringan Sari RW 06



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**






NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA

-  : Jalan
-  : Sungai
-  : Drainase
-  : Rumah
-  : IPAL

JUDUL GAMBAR

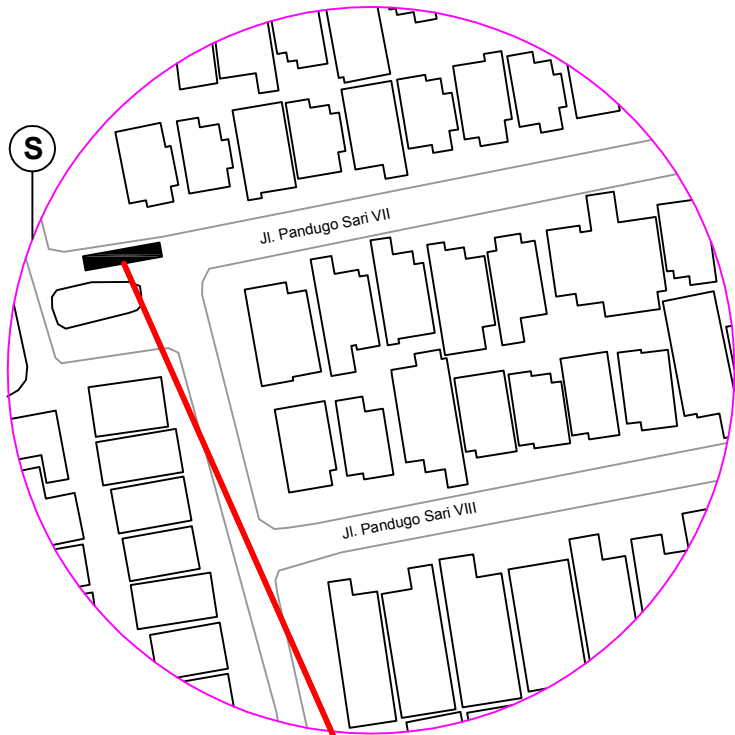
DETAIL PELETAKAN IPAL

SKALA

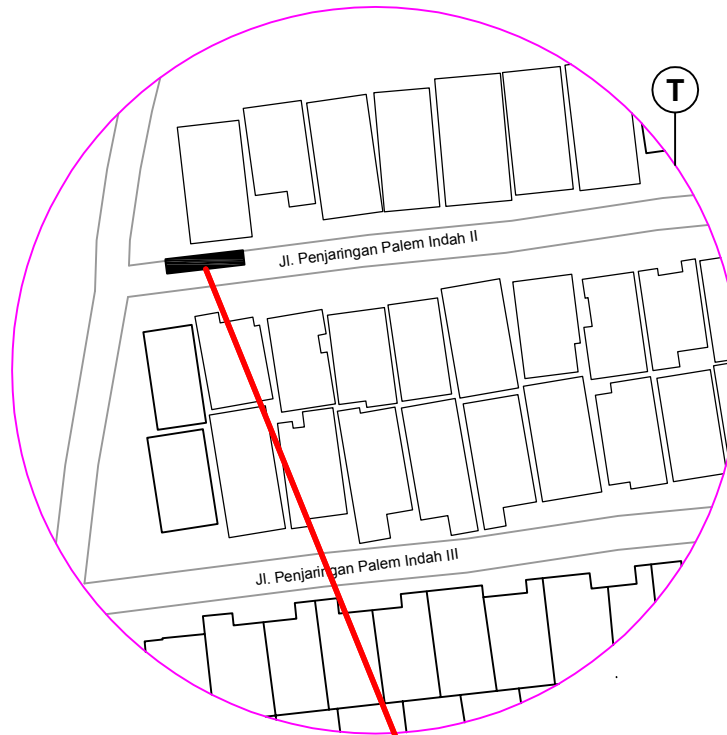
Tanpa Skala

LAMPIRAN

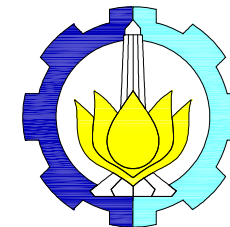
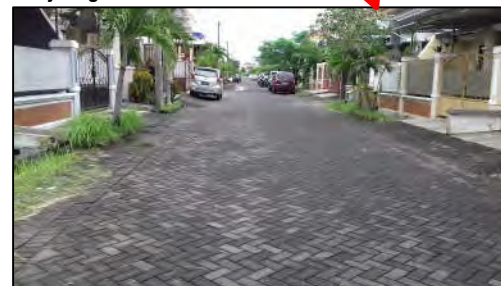
4.9



Penjaringan Sari
RW 11



Penjaringan Sari RW 12



**PROGRAM SARJANA
TEKNIK LINGKUNGAN
FTSP - ITS**

NAMA MAHASISWA

BIAS AGATHA PERMATA S.
3312100010

DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, ST., MT., PhD.

LEGENDA



: Jalan



: Sungai



: Drainase



: Rumah



: IPAL

JUDUL GAMBAR

DETAIL PELETAKAN IPAL

SKALA

LAMPIRAN

Tanpa Skala

4.10

LAMPIRAN 5

BLOK PELAYANAN IPAL

1. Blok Pelayanan Kelurahan Kedung Baruk

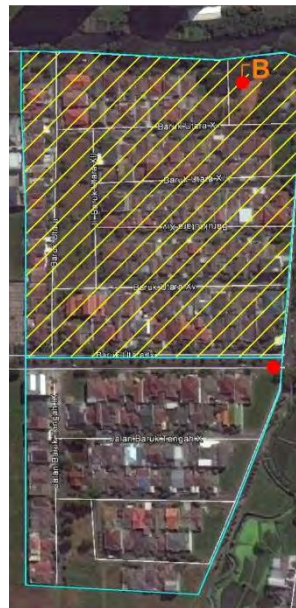
Berikut ini merupakan blok pelayanan salah satu IPAL pada masing-masing RW di Kelurahan Kedung Baruk yang memiliki lebih dari 1 IPAL berdasarkan perhitungan pada Tabel 5.11



A



B



C



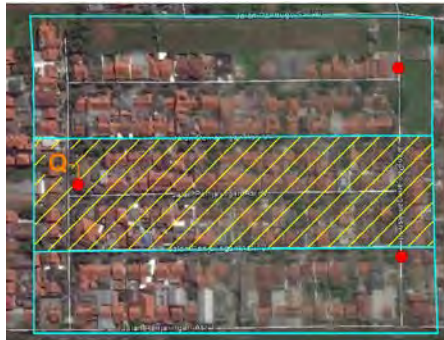
D

Keterangan :

- A = Blok pelayanan Kel. Kedung Baruk RW 05. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Baruk Timur XII. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik F.
- B = Blok pelayanan Kel. Kedung Baruk RW 08. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Baruk Barat II dan Jalan Baruk Barat III. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik E.
- C = Blok pelayanan Kel. Kedung Baruk RW 07. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Baruk Utara XII. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik B.
- D = Blok pelayanan Kel. Kedung Baruk RW 06. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Baruk Utara I. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik A.

2. Blok Pelayanan Kelurahan Penjaringan Sari

Berikut ini merupakan blok pelayanan salah satu IPAL pada masing-masing RW di Kelurahan Penjaringan Sari yang memiliki lebih dari 1 IPAL berdasarkan perhitungan pada Tabel 5.11



A



B



C



D



E

Keterangan :

A = Blok pelayanan Kel. Penjaringan Sari RW 07. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Penjaringan Asri V. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik Q.

B = Blok pelayanan Kel. Penjaringan Sari RW 08. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Penjaringan Timur XVI. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik G.

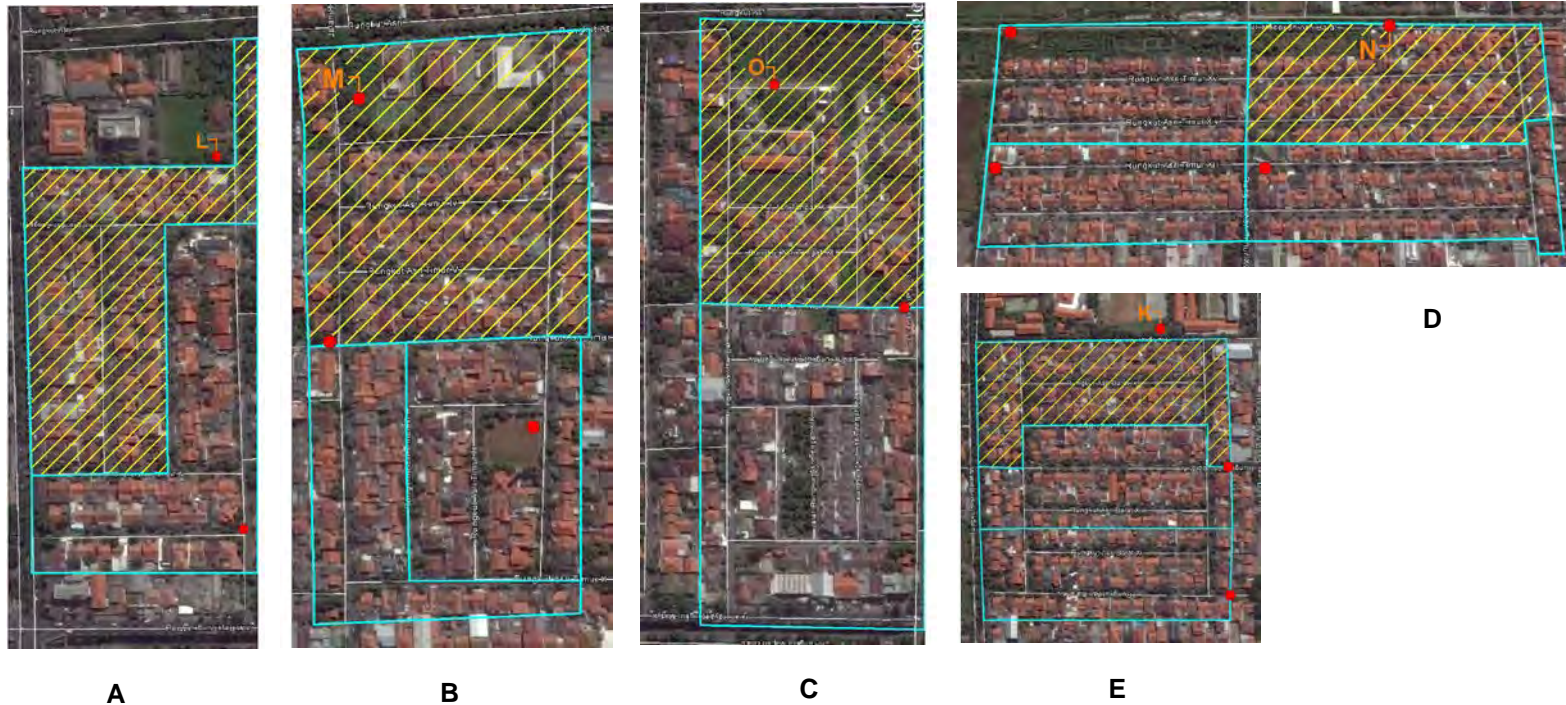
C = Blok pelayanan Kel. Penjaringan Sari RW 09. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Pandugo Timur XV. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik I.

D = Blok pelayanan Kel. Penjaringan Sari RW 11. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Pandugo Sari VII. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik S.

E = Blok pelayanan Kel. Penjaringan Sari RW 12. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Penjaringan Palembang II. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik A

3. Blok Pelayanan Kelurahan Rungkut Kidul

Berikut ini merupakan blok pelayanan salah satu IPAL pada masing-masing RW di Kelurahan Rungkut Kidul yang memiliki lebih dari 1 IPAL berdasarkan perhitungan pada Tabel 5.11



Keterangan :

- A = Blok pelayanan Kel. Rungkut Kidul RW 08. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Rungkut Asri Tengah I. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik L.
- B = Blok pelayanan Kel. Rungkut Kidul RW 09. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Rungkut Asri Timur VI. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik M.
- C = Blok pelayanan Kel. Rungkut Kidul RW 11. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Rungkut Asri Tengah VIII. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik O.
- D = Blok pelayanan Kel. Rungkut Kidul RW 10. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Medokan Asri Barat dan Jalan Rungkut Asri Timur XV. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik N.
- E = Blok pelayanan Kel. Rungkut Kidul RW 07. IPAL melayani 100 KK di sekitar Jalan Rungkut Asri Barat I. Detail IPAL dapat dilihat pada gambar detail titik A.

LAMPIRAN 6

Harga Satuan Tenaga Kerja dan Kebutuhan Material

| No | Uraian | Satuan | Harga Satuan (Rp) |
|----|--|----------------|-------------------|
| A. | TENAGA KERJA | | |
| 1 | Mandor | OH | 120,000 |
| 2 | Kepala Tukang | OH | 110,000 |
| 3 | Tukang | OH | 105,000 |
| 4 | Pembantu Tukang | OH | 99,000 |
| 5 | Tenaga Kasar | OH | 99,000 |
| B. | KEBUTUHAN MATERIAL | | |
| 1 | Paku Biasa 2-5 inchi | Doz | 27,000 |
| 2 | Paku Triplek/Eternit | Kg | 22,000 |
| 3 | Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7 | m ³ | 4,500,000 |
| 4 | Kayu Meranti Bekisting | m ³ | 3,200,000 |
| 5 | Kayu Meranti Papan 2/20, 4/10 | m ³ | 2,830,000 |
| 6 | Plywood Uk. 122x244x9mm | Lembar | 93,600 |
| 7 | Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7 | m ³ | 6,400,000 |
| 8 | Minyak Bekisting | liter | 28,300 |
| 9 | Semen PC 40 kg | Zak | 63,000 |
| 10 | Pasir Cor/Beton | m ³ | 232,100 |
| 11 | Batu Pecah Mesin 1/2cm | m ³ | 466,000 |
| 12 | Besi Beton Polos | Kg | 12,000 |
| 13 | Kawat Ikat | Kg | 23,000 |
| 14 | Pipa Plastik PVC Tipe C uk.3 inchi pj 4 m | Batang | 69,000 |
| 15 | Pipa Plastik PVC Tipe C uk.4 inchi pj 4 m | Batang | 89,000 |
| 16 | Waterproof | Kg | 85,000 |
| 17 | Serat Fiber | Lembar | 10,100 |
| 18 | Elbow 90° 3" | buah | 388.33 |
| 19 | Tee 3" | buah | 902.5 |
| 20 | Tee 4" | buah | 3,975 |

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Instalasi pengolahan *greywater* dengan tipikal pelayanan 100 KK yang terpilih untuk diterapkan di masyarakat Kecamatan Rungkut adalah *Anaerobic Baffled Reactor* dengan dimensi panjang x lebar x tinggi adalah 12,4 m x 2,3 m x 2,6 m.
2. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun instalasi pengolahan *greywater* dengan tipikal pelayanan 100 KK di Kecamatan Rungkut bergantung pada lokasi peletakan. IPAL yang diletakkan pada jalan berpaving membutuhkan biaya sebesar Rp 142.902.384, apabila diletakkan pada lahan kosong membutuhkan biaya Rp 141.531.301, dan peletakan pada jalan aspal membutuhkan biaya sebesar Rp 148.732.702.

7.2 Saran

Saran untuk penulisan tugas akhir dengan menggunakan topik sejenis adalah :

1. Melakukan perencanaan pengolahan air limbah khususnya *greywater* pada Kelurahan lain di Kecamatan Rungkut.
2. Mempersiapkan kegiatan perijinan maupun survey sedini mungkin untuk mempermudah pengambilan data dan mendapatkan rentang yang lebih banyak.
3. Perlunya perhitungan pompa apabila merencanakan SPAL untuk memastikan air dari daerah pelayanan dapat mengalir secara gravitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. (2013). *Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Surabaya 2013*.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2014). *Kecamatan Rungkut dalam Angka 2014*.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2015). *Surabaya dalam Angka 2015*.
- Cochran, W.G. (1977). *Sampling Techniques 3rd ed*. New York: John Willey and Sons.
- Conradin, K., Kropac, M., dan Spuhler, D. (2010). *The Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Basel: seecon international gmbh.
- Destrivadiyani, E., Oktiawan, W., dan Joko, T. (2010). *Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem IFAS (Integrated Fixed Film Activated Sludge) di Kota Surakarta Bagian Tengah*. Thesis, Universitas Diponegoro.
- Gupta, R.S. (1989). *Hydrology and Hydraulic Systems*. London: Prentice Hall
- Hernandez, L.L., Zeeman, G., Temmink, H., Buisman, C.J.N. (2007). Characterisation and Biological Treatment of Grey Water. *Journal of Water Science and Technology* 56 : 193 - 200
- Kassab, G., Halalsheh, M., Klapwijk, A., Fayyad, M., dan Van Lier, J.B. (2010). Sequential Anaerobic-Aerobic Treatment for Wastewater-A Review. *Journal of Biosource Technology* 101, 10 : 3299 – 3310.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). *Baku Mutu Air Limbah Nomor 5 Tahun 2014*.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya. (2011). *Tata Cara Rancangan Sistem Jaringan Perpipa-an Air Limbah Terpusat*.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya. (2012). *Materi Bidang Air Limbah Diseminasi dan Sosialisasi Keteknik-an Bidang PLP*.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen Cipta Karya. (2013). *Petunjuk Teknis Pembangunan Infrastruktur Sanitasi Perkotaan Berbasis Masyarakat*.

- Kementerian Pekerjaan Umum. (2014). *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan Nomor 12 Tahun 2014*.
- Krismawati, R. dan Ahdia, R. (2013). Pengolahan Effluen Pond Fakultatif Anaerobik IPAL Industri Kelapa Sawit Secara Fakultatif Anaerobik-Fitoremediasi sebagai Pre-treatment Media Tumbuh Algae. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*: Vol. 2, No. 2. Hal. 286-294
- Margono, S. (2004). *Metodologi Penelitian Pendidikan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Mende, J.C.C., Kumurur, V.A., Moniaga, I.L. (2015). Kajian Sistem Pengelolaan Air Limbah Pada Permukiman Kawasan Sekitar Danau Tondano (Studi Kasus: Kecamatan Remboken Kabupaten Minahasa). *Jurnal Binaan dan Arsitektur Universitas Sam Ratulangi Makassar*.
- Morel, A. dan Diener, S. (2006). *Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of Different Treatment Systems for Households of Neighbourhoods*. Duebendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science (EAWAG), Department of water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC).
- Nguyen, A.V., Pham, N.T., Nguyen, H.T., Morel, A., Tonderski, K. (2007). *Improved Septic Tank With Constructed Wetland, a Promising Decentralized Wastewater Treatment Alternative in Vietnam*. Paper presented at NOWRA 16th Annual Technical Conference & Exposition in Baltimore, Maryland, Maret 2007.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Pemerintah Gubernur Jawa Timur. (2013). *Baku Mutu Air Limbah Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya Nomor 72 Tahun 2013*.
- Pratiwi, S.I. dan Soedjono, E.S. (2015). Studi Replikasi IPAL Grey Water Tepat Guna Berbasis Surabaya *Green and Clean*. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII; Surabaya, Indonesia, 24 Januari 2015*.
- Qasim, S.R. (1985). *Wastewater Treatment Plants – Planning, Design, and Operation*. New York: CBS International.

- Reynolds, T.D. dan Richards, P.A. (1996). *Unit Operations and Process in Environmental Engineering 2nd Edition*. Boston: DWS Publishing Company
- Said, N.I. (2008). *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta "Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan"*. Jakarta Pusat: Pusat Teknologi Lingkungan
- Santoso, A. (2015). *Perencanaan Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Alternatif media Biofilter (Studi Kasus : Kejawan Gebang Kelurahan keputih Surabaya)*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sasse, L. (1998). *DEWATS Wastewater Treatment Technology*. UK: BORDA
- Sasse, L., Gutterer, B., Panzerbieter, T., dan Reckerzugel, T. (2009). *Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries*. UK: BORDA
- Soedjono, E.S., Wibowo, T., Saraswati S.S., dan Keetelaar, C. (2010). *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*. Jakarta: Tim Teknis Pembangunan Sanitasi (TTPS).
- Sugiharto. (1987). *Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI Press
- Sugiyono. (2001). *Metode Penelitian Administrasi*. Bandung: Alfabeta
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supriyanto, J. (2014). *Kajian Penggunaan Reaktor Biofilter untuk Pengolahan Greywater di Kawasan Pemukiman Atas Air Kelurahan Margasari Kota Balikpapan Menuju Konsep Zero Waste*. Thesis Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Suswati, A.C.S.P. dan Wibisono, G. (2013). *Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetland)*. *Indonesian Green Techonology Journal*, Vol. 2 No.2
- Srikandi, E.D., Zubair A., dan Malamassam, M.R. (2015). *Studi Identifikasi dan Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kecamatan Mariso Kota Makassar*. Jurnal Repository, Universitas Hasanuddin Makassar.

- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., dan Stensel, H.D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4th Edition*. New York: McGraw-Hill
- Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., dan Tsuchihashi, R. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, Fifth Edition (International Edition)*. Singapore: McGraw-Hill
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., dan Zurbruegg, C. (2008). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Dübendorf, Switzerland: Swiss federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG) and Water Supply and Sanitation Collaborative Council (WSSCC).
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., dan Zurbruegg, C. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies 2nd revised edition*. Dübendorf, Switzerland: Swiss federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG) and Water Supply and Sanitation Collaborative Council (WSSCC).
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2002). *Wastewater Technology Fact Sheet Aerated, Partial Mix Lagoons*. Pennsylvania: Municipal Technology Branch
- Ukpong, E.C. dan Agunwamba, J.C. (2012). Grey Water Reuse for Irrigation. *International Journal of Applied Science and Technology*, Vol. 2 No. 8
- Vidianti, O. dan Ariastita, P.G. (2011). *Arahan Penataan Permukiman di Kelurahan Kalirungkut Surabaya*. Thesis Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Water Environment Federation (WEF). (2007). *Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants 6th Edition*. McGraw-Hill Education.
- Widianti, D. dan Handajani, M. (2010). *Studi Karakteristik Greywater untuk Melihat Potensi Pemanfaatan Greywater di Kota Bandung*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan ITB.
- WSP (Editor). (2007). *Philippines Sanitation Source Book and Decision Aid*. Washington: Water and Sanitation Program.
- Zubair, A., Riswal, K., dan Wulandari. (2015). *Studi Identifikasi Lokasi Pembangunan IPAL Komunal dan Evaluasi IPAL Komunal yang Ada di Kecamatan Panakukang Makassar*. *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Hasanuddin Makassar.

BIOGRAFI PENULIS



Bias Agatha Permata Siswanto, dilahirkan di Surabaya pada tanggal 27 Juni 1995 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al – Ikhlas Surabaya pada tahun 1999 – 2001, SDN Kendangsari I/276 Surabaya pada tahun 2001 – 2006, SMPN 1 Surabaya pada tahun 2006 – 2009, dan SMAN 15 Surabaya pada tahun 2009 – 2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana di Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi

Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3312 100 010.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai staff BSO Dana dan Usaha 13/14 dan kepala bidang usaha mandiri BSO Dana dan Usaha 14/15. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan organisasi baik sebagai panita maupun peserta, diluar maupun didalam lingkup jurusan sebagai upaya pengembangan diri. Penulis berhasil mengajukan 3 judul PKM didanai DIKTI yaitu PKM-K (2013), PKM-M dan PKM-K (2015). Penulis mendapatkan kesempatan untuk melakukan kerja praktik di PT. SIER Surabaya mengenai pengolahan limbah cair industri pada tahun 2015. Apabila terdapat informasi dan masukan mengenai tugas akhir, penulis dapat dihubungi via email biasagatha@gmail.com